فصلنامه علمی دانشجویی

بسامد ۲

تابستان ۱۴۰۳



بسم الله الرحمن الرحيم



فصل نامه علمی دانشجویی بسامد
شماره ۲ تابستان ۱۴۰۳

شناسنامه

صاحب امتیاز: ستاره گاراژیان

شماره مجوز: ک.ن.ت ۱۱۰/۳

مدیر مسئول: فرزین امین زاده قوی فکر

سردبیر: ستاره گاراژیان

ویراستاری فنی: آرمین فتانی فرشباف

ویراستاری علمی: فرحان مجیدی

صفحه آرایی و گرافیک: فرزین امین زاده قوی فکر

هئیت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

فرزین امین زاده قوی فکر، محمدرضا جباری، محمد امین جعفری، علی اکبر درآبادی و پوریا عیوضی

با تشکر از مدیر امور فرهنگی جناب آقای دکتر طاهری و مسئول خانه نشریات دانشگاه تبریز جناب آقای مهندس فیضی که در انتشار این نشریه ما را یاری کردند.

سخن سردبیر

صوفی نشود صافی تا در نکشد جامی...

با سلام به مخاطبان عزیز دومین شماره‌ی نشریه‌ی علمی- خبری دانشجویی بسآمد و با آرزویِ حالِ خوب و روزگارِ خوش. مصرعی که در ابتدای متن بیان شد، گویی از عمق حکمت حافظ آمده و تمام راز زندگی را فاش می‌سازد؛ راه صافی، صفا و رشد از دل رنج و سختی میگذرد. رستم نیز برای رسیدن به پیروزی گاه باید از هفت‌خوان میگذشت، گاه مقابل رفیقش اسفندیار و گاه مقابله فرزندش سهراب میجنگید. و "لَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنسَانَ فِی کَبَدٍ "ما انسان را در رنج و سختی آفریدیم. حتی در فلسفه‌ی آفرینش هم، سختی جزیی از ماهیت انسان است.

رنج، اگرچه تلخ است، اما بهای گوهر بی‌مانند "شرافت" است، عامل زیبایی و شکوفایی است. و رنج است که معنای زندگی را عمیق‌تر می‌کند. این حقیقت در هر گوشه‌ای از زندگی به چشم می‌خورد؛ از تلاش دانشمند برای کشف یک حقیقت علمی تا درد یک مادر برای به دنیا آوردن فرزندش. بازیگر جین سیمور نیز زمانی گفته است :*"من به چین و چروک‌هایم افتخار می‌کنم. آن‌ها شخصیت من را نشان می‌دهند."* چرا که هر خط، داستانی از رنج‌ها و پیروزی‌ها را روایت می‌کند. شاید این نگاه به ابعاد مختلف زندگی(تحصیلی، احساسی و ...) الهام‌بخشِ ما باشد که به جای پنهان کردن سختی‌ها، آن‌ها را همچون نشان افتخار بپذیریم و به زیبایی‌های نهفته در پس آن توجه کنیم.

در شماره‌ی پیش‌رو از نشریه‌ی بسآمد، تلاش کرده‌ایم تا به موضوعات علمی در حوزه‌های گوناگون بپردازیم. امیدواریم محتوای این شماره نیز، همچون رنجی که به رشد می‌انجامد، مفید و الهام‌بخش باشد.

بار دیگر از هیئت تحریریه، ویراستاران و علی‌الخصوص مدیر مسؤل و گرافیست محترم، مهندس فرزین امین‌زاده‌ی قوی فکر که بیشتر رنج آماده سازی بسآمد بر دوش ایشان می‌باشد، صمیمانه تشکر می‌کنم.

با احترام به رنج‌هایمان این گنجینه‌های بی‌بدیل

ستاره گاراژیان

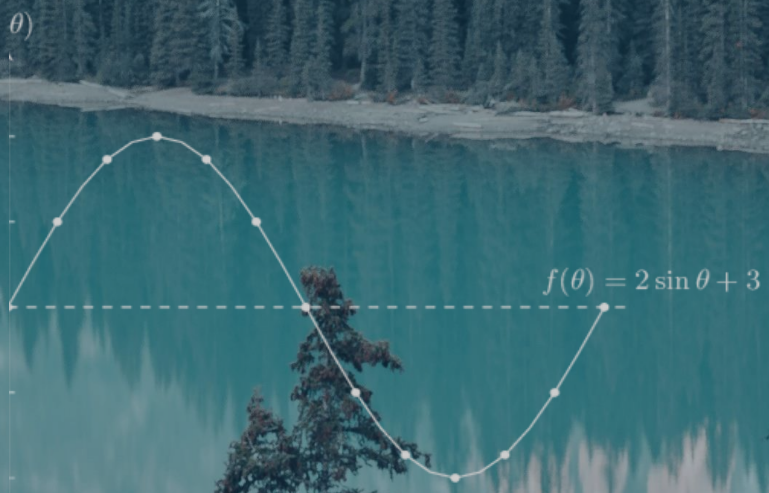
تابستان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
تاریخچه ساخت توربین بادی و تعیین پارامترهای عملکردی آن	۱
انرژی زمین گرمایی: مروری بر ضرورت توسعه و چالش‌های پیش‌رو	۱۲
ارزیابی کارایی سیستم تولید هیدروژن	۲۲
غذا در برابر سوخت	۲۷
آشنایی با ربات‌های دوپا	۳۱



WELCOME TO BASAMAD MAGAZINE



تاریخچه ساخت توربین بادی و تعیین پارامترهای عملکردی آن



مهندس پوریا عیوضی
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

ابعاد گسترده‌ی مطالعه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، راه حل‌های متنوعی را برای تامین انرژی مورد نیاز جوامع معرفی می‌کند. یکی از منابع انرژی های تجدیدپذیر استفاده از انرژی ناشی از باد می باشد. انرژی بادی را می‌توان بوسیله توربین بادی دریافت کرد. توربین‌های بادی در اندازه ها و شکل های مختلف طراحی و ساخته می شوند. رویکردها و تلاش‌های متنوع از قرن هاپیش در ابعاد وسیع حوزه منابع انرژی های تجدیدپذیر انجام شده است.

در اوایل ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، مصریان برای حمل و نقل درررودخانه نیل از انرژی باد برای راندن قایق ها استفاده می کردند. در حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح،ایرانیان باستان از باد برای پمپاژ آب و آسیاب غلات استفاده می‌کردند. نحوه طراحی توربین بادی نقش اساسی در پارامترهای عملکردی دارد. توضیح مختصر اینکه، طراحی توربین بادی شامل طراحی پره‌ها، سیستم انتقال قدرت، سیستم الکترونیک قدرت، مکانیزم‌های کمکی مختلف، سیستم کنترل و مانیتورینگ و نهایتا برج و فونداسیون می‌شود. از انواع توربین بادی ،توربین‌هایی که دارای سه طرح تیغه‌ای هستند که روی روتور نصب می‌شوند معمولاً بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. تمرکز بر بهبود پارامترهای عملکردی سیستم از چالش‌های مطالعات کنونی می‌باشد.

عیب اصلی این نوع انرژی این است که فقط زمانی و در جایی که باد غالب باشد در دسترس است. برق تولید شده پس از خروج از ژنراتور وارد شبکه برق می شود و مقداری از آن برای استفاده در مواقعی که بادهای قدرتمندی وجود ندارد در باتری ذخیره می شود. مطالعه بر روی تیغه با پروفیل های مختلف برای بهبود پارامترهای عملکردی سیستم یکی از روش های بهینه سازی توربین‌های بادی برای گرفتن انرژی هر چه بیشتر از باد می‌باشد.

در طی سال‌های اخیر تغییر مداوم رفتارهای بشر با انواع انرژی تجدیدپذیر و چرخه تولید آن‌ها باعث پیشرفت‌های متعددی شده است. با توجه به علاقه شدید به کشف بهترین روش‌ها برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مطالعات در این حوزه بسیار پویا است. باد می‌تواند در مناطقی که آلودگی‌های فراوانی ناشی از سوخت‌های فسیلی و دیگر روش‌های تولید انرژی وجود دارد، باشدت فراوانی وجود داشته باشد و توربین بادی می‌تواند از این پتانسیل برای جایگزینی به عنوان یک منبع پاک به جای روش‌های آلوده کننده مورد استفاده قرار بگیرد.



پس از میلاد مسیح، استفاده از انرژی باد در شمال اروپا نیز مورد استفاده قرار گرفت که از آن برای آرد کردن استفاده می‌کردند. شمالی‌ها به وسیله‌ی یک محور عمودی انرژی بادی را دریافت می‌کردند. ولی هم اکنون بشر با ترکیب چند مکانیزم قادر است از محور افقی انرژی بادی را دریافت کند. آسیاب‌های بادی هر چند طرح ابداعی قدیمیان بودند اماهنوز برای همان وظایف قبلی خود ساخته و استفاده می‌شوند. آسیاب‌های بادی در ایران از اوایل سال ۲۰۰ قبل از میلاد مسیح مورد استفاده قرار گرفتند.

چرخ باد اسکندریه یک نقطه عطف از اولین نمونه‌های ماشین بادی شناخته شده در تاریخ است. با این حال، مدارکی وجود دارد که آسیاب‌های بادی در سیستان که یکی از استان‌های شرقی ایران است، از قرن هفتم هجری قمری ساخته شده می‌شدند. این آسیاب‌های بادی محور عمودی بودند که دارای طول زیادی بودند که همراه با تیغه‌های مستطیلی ساخته شده بودند. این آسیاب‌ها از شش تا دوازده بادبان که پوشیده از نی یا پارچه بودند ساخته شده بودند، این آسیاب‌های بادی برای آسیاب کردن غلات استفاده می‌شد. اولین مورد تاریخی استفاده از آسیاب بادی در انگلستان به قرن یازدهم یا دوازدهم باز می‌گردد. گزارش‌هایی از زمان حمله آلمان‌ها وجود دارد که مربوط به جنگ‌های صلیبی می‌شودنشان می‌دهد مهارت ساخت آسیاب بادی در سوریه به حدود سال ۱۱۹۰ بر می گردد. در قرن ۱۴ ام آسیاب‌های بادی هلندی برای انتقال آب در مناطق راین مورد استفاده قرار گرفتند. ژنراتورهای بادی محور افقی مدرن در سال ۱۹۳۱ در اتحاد جماهیر شوروی مورد استفاده قرار گرفت. این مورد یک ژنراتور ۱۰۰ کیلوواتی بود که بر روی یک برج ۳۰ متری (۹۸ فوت) که به شبکه توزیع برق متصل بود. ضریب ظرفیت تولید توان سالانه آن ۳۲ درصد گزارش شده بود که تفاوت چندانی با توربین‌های بادی فعلی ندارد. بعدها در جهان شرکت‌هایی در هند و چین و سایر کشورها برای تولید توربین بادی شکل گرفتند.

امر صنعتی شدن منجر به کاهش کلی استفاده از آسیاب های بادی شد. با سهولت استفاده از موتور بخار برای پمپاژ آب یا ایجاد برق، آسیاب های بادی در حال منسوخ شدن بودند. اگر چه صنعتی شدن به شهرت آسیاب های بادی لطمه زد، اما توربین های بادی همچنان در خدمت بشر بودند.

قبل ازصنعتی سازی، ساخت و ساز و تولید توربین بادی به حد چشمگیری پیشرفت کرده بود به طوری که بشر توانست آسیاب های بادی بزرگتر بسازد. پس از جنگ جهانی دوم یکی دیگر از عوامل موثر بر استفاده از توربین های بادی قیمت گاز بود که با افزایش آن توربین های بادی مجددا مورد استفاده قرار گرفتند، تا پیش از این به دلیل قیمت پایین گاز علاقه به انرژی باد بسیار اندک بود، اما در طول جنگ سرد، علاقه به انرژی بادی در جهان مجددا بیشتر شد.

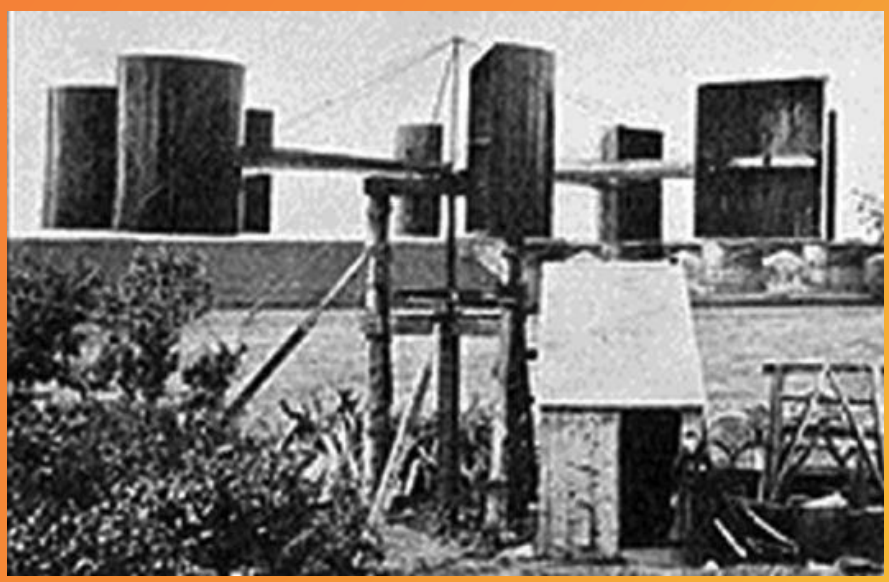
مورخان بر این باورند بیش از دو هزار سال پیش در ایران باستان اولین آسیاب های بادی با محور عمودی وجود داشته است. این ابزارهای بادی در درجه اول برای آسیاب گندم یا پمپاژ آب استفاده می شد. (شکل ۱)

قرن ها بعد در سال ۱۸۸۷جیمز بیلت یکی از اولین توربین های بادی را برای تولید برق ساخت این توربین برای تامین برق خانه اش مورد استفاده قرار داد.

با اینکه توربین ساخته شده توسط جیمز بیلت از نظر اقتصادی برای دولت بریتانیا مقرون بصرفه نبود زیرا برای تامین برق جمعیت زیاد نیاز به توربین های زیادی بود،اما برای کشورهایی که جمعیت آن ها به صورت پراکنده سکونت داشتند یک منبع مناسب برای تولید برق به شمار می رفت. (شکل ۲)



تصویر ۱



تصویر ۲

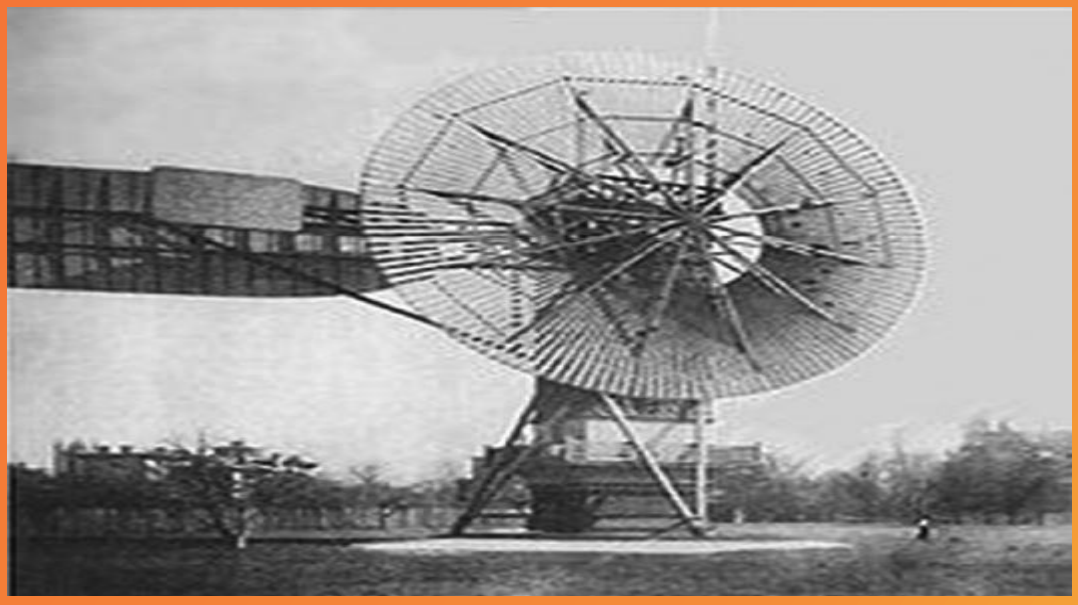
در اوایل سال ۱۹۰۰، طرح های بیشتری ارائه شدند. یک مهندس فنلاندی یک توربین بادی جدید ساخت که در حال حاضر به نام توربین بادی سونیوس شناخته می شود.این طراحی یک مدل به شکل Sرا نشان می دهد که دارای دو یا چند تیغه می باشند که اغلب به شکل فنجان ساخته می شوند.این نمونه ای از یک توربین درگ است به طوری که توربین بر اساس حرکت باد که موازی با توربین است حرکت می کند. (شکل ۳)
مشکل این نوع توربین بادی راندمان پایین و در کنار آن ایجاد آلودگی ناشی از فرایند های تولید این نوع توربین‌ها می‌باشد.
میدان های انرژی بادی در مجموع به رشد خود ادامه داده است تا جایی که ظرفیت انرژی بادی جهان حدود ۳۵۰۰۰ مگاوات است.تلاش های مستمر در توسعه آسیاب بادی منجر به ساخته شدن طرح هایی از توربین بادی مدرن شدکه در طیف وسیعی از محور عمودی و محور افقی تولید می شوند.



شکل ۳

بسیاری از از پروانه هایی که برای استفاده در هواپیماها و هلیکوپترها ساخته شده اند، از کار بر روی طراحی پره‌های توربین‌های بادی انجام شده است. کوچکترین توربین‌ها برای شارژ باتری‌ها استفاده می‌شود. (برای چراغ های راهنمایی در کنترل ترافیک و برق قایق ها و کاروان های مسافرتی).
توربین‌های بادی کمی بزرگتر با سایز متوسط برای مصارف خانگی استفاده می‌شود. آن میزان برق اضافی که تولید شده به شبکه ی برق شهری افزوده می‌شود.
توربین‌های بادی مدرن به دو گروه محور افقی وعمودی تقسیم می‌شوند که نمونه بارز افقی آسیاب های بادی مزارع سنتی که برای پمپاژ آب از آن ها استفاده می‌شود وطراحی محور عمودی که نمونه بارز آن مدل داریس که به نام مخترع فرانسوی اش است می‌باشد.
امروزه طرح های محور افقی بیشتر در توربین‌های بادی بزرگ استفاده می‌شود. در سال۱۹۰۰حدود ۲۵۰۰ آسیاب بادی در دانمارک وجود داشت که برای کارهای مکانیکی استفاده می‌شد، مانند پمپ‌ها و آسیاب‌ها. اوج قدرت این توربین‌ها حدود ۳۰ مگاوات تخمین زده می شود.
بزرگترین توربین‌ها دارای چهار پره بودند که این پره ها روی روتور نصب شده بودند ،قطر این مجموعه ۲۳ متر (۷۵ فوت) بود که روی یک برج به طول ۲۴ متر(۷۹ فوت)نصب شده بوداند. همچنین ایالات متحده نیز در آن زمان توربین های بادی نصب کرده بود که این توربین در کلولند اوهایو نصب شده بودند.این توربین توسط کارلس براش ساخته شده بود.

ارتفاع این توربین ۱۸متر و وزن آن ۴ تن بود. این توربین ژنراتوری به قدرت ۱۲کیلو وات داشت. (شکل ۴)



شکل ۴

تا سال ۱۹۰۸، ۷۲ ژنراتور برق بادی در آمریکا وجود داشت. محدوده کارکرد این توربین ها از ۵ کیلو وات تا ۲۵ کیلووات بود. با شروع جنگ جهانی اول، آمریکایی‌ها بیش از ۱۰۰۰۰۰ مزرعه آسیاب بادی تولید کردند که بیشتر برای پمپاژ آب استفاده می شد. حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر امروزه بیش از هر زمان دیگری مورد توجه است.

بیشتر فعالیت ها بر روی ایجاد انرژی پاک متمرکز است که از انتشار گازهای گلخانه‌ای در هوا جلوگیری شود.انرژی تجدیدپذیر یک منبع پاک انرژی است زیرا از احتراق سوخت‌های فسیلی جلوگیری می‌شود.

توربین های بادی فقط برق تولید می‌کنند و باد یکی از بزرگترین منابع مهم انرژی های تجدید پذیر می باشد. انرژی بادی در بسیاری از کشورها به عنوان بخشی ازانرژی‌های تجدیدپذیر در جهت کاهش وابستگی آن‌ها به سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این راستا دانمارک تولید برق بیشتر در سال ۲۰۱۳ (با هدف رسیدن به۱۰۰٪عدم وابستگی به نفت خارجی تا سال ۲۰۵۰) از باد را در دستور کار خود قرار داد. مازاد برق به دیگر کشورهای اروپایی فروخته شد.

تمام بادی که از پره‌های توربین بادی عبور می‌کند نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد زیرا به دلیل قانون بقای جرم باید دبی ورودی و خروجی سیال باهم برابر باشد. قانون بتز نشان می دهد حداکثر ۵۹٪ از کل انرژی ورودی را می‌تواند به عنوان توان ورودی به توربین دریافت کند. عواملی نظیر اصطکاک و نیروی پسا،تلفات گیربکس، توان ورودی به توربین بادی را مقداری تلف می‌کند. توربین های بادی تجاری وقتی به سرعت نامی خود می‌رسند حدود ۷۵ تا۸۰٪ قدرت دریافتی از بـاد را کـــه

طبق قانون بتز به دست می‌آید را به کار مفید تبدیل می‌کنند. پره‌ها به طور معمول با سرعت ۱۰ -۲۲ دور در در دقیقه می‌چرخند. سرعت نوک پره وقتی با سرعت ۲۲متر بر ثانیه می‌چرخد می تواند بیش از ۹۰ متر بر ثانیه باشد(۳۰۰ فوت بر ثانیه).

راندمان توربین بادی می‌تواند با گذشت زمان کمی کاهش یابد. تجزیه و تحلیل روی ۳۱۲۸ توربین بادی قدیمی تر از ۱۰ سال در دانمارک نشان داد که نیمی از توربین‌ها کاهش راندمان نداشته اند، در حالی که نیمی دیگر حدود ۱.۲ درصد به ازای هر سال کاهش بازده داشته اند.

اندکی پس از ساوونیوس، در سال ۱۹۲۷، یک مهندس هوانوردی فرانسوی به نام ژرژ ژان تمام طرح‌های مربوط به توربین‌های بادی با ایرفویل‌های عمودی را به نام خود ثبت کرد. چهار سال بعد توربین‌های داریوس، اختراع را شدند.

این طرح معمولا از دو یا سه پره تشکیل شده است که می توانند مستقیم یا خمیده باشند. مساحت کلی پره های موثرمحاسبه شده این طرح $A = \frac{2}{3}D^3$ است و معمولاً دارای ضریب بتز کمی بالاتر از ۰.۳ می‌باشد. امروزه داریوس طرح های محبوبی برای تولید برق دارد و به طور گسترده ای ازاین طرح ها برای توربین عمودی استفاده‌می‌شود .

توربین بادی جیرومیل که یک روتور اچ شکل دارد با نام تخم مرغ کوب نیز شناخته می شود،شکل ساده ای از داریوس است که پره های این های توربین بادی صاف می‌باشد.این طراحی ساده تر است و ساخت آن آسان تر است. (شکل ۵)

طرح های عمودی مزایا و معایب خاص خود را دارند.طراحی به سبک محورعمودی به ما اجازه می دهد با یک برج کوتاه روتور را نزدیک به زمین قرار دهیم. در نتیجه نگهداری و سرویس آن آسانتر می‌شود.این توربین ها دارای نسبت سرعت نوک ۲می‌باشند و سر و صدای کمی دارند.

فرمول زیر نسبت سرعت نوک تیغه را نشان می‌دهد که R طول پره، V سرعت دورانی روتور، V سرعت باد می‌باشد.

$$\lambda = \frac{R\omega}{V}$$

علی‌رغم مزایای فراوان توربین‌های بادی عمودی، این سیستم دارای برخی معایب می‌باشند. این توربین ها در سرعت های پایین بازده کمی دارند. طرحی برای حل این مشکل با ترکیب طرح‌های ساوونیوس و داریوس ایجاد شد. به این صورت که در سرعت بادهای پایین توربین ساوونیوس کار می‌کند وقتی سرعت باد بیشتر می‌شود توربین داریوس شروع به تولید توان می‌کند. مشکل این است که ترکیب دو توربین به عنوان یک توربین، هزینه مورد نیاز را تقریبا دو برابر می کند.



شکل ۵

مشکل اساسی اینجاست که این توربین نزدیک زمین نصب می‌شود و از بادهایی که در ارتفاعات بالا می‌وزند و شدیدتر هم هستند بی بهره اند،در نتیجه نمی‌توانند الکتریسیته بیشتری تولید کنند. مقایسه بین توربین‌ها نشان می‌دهد توربین های محور افقی بهتر ازتوربین های محور عمودی هستند.

توربین های محور افقی،توربین های خودکاری هستند که به دلیل نصب در ارتفاع بالا می‌توانند به مقادیر زیادی باد برای تولید برق کافی دسترسی داشته باشند. فناوری توربین های محور افقی موفقیت آمیز بوده است.ازهزار سال گذشته تا کنون در مقیاس های بزرگ استفاده می‌شود.علاوه بر این، در جنبه طراحی مهندسی طراحی محور افقی بهتر از محور عمودی عمل می کند .

نمودار زیرمقایسه ضریب توان(ضریب بتز) چهار طرح اصلی توربین بادی؛ آسیاب بادی، توربین بادی محور افقی سه پره و دو پره و توربین داریوس را نشان می‌دهدکه با نسبت سرعت نوک تغییر می‌کنند.

توان بادی که از پره های توربین بادی عبور می‌کند از رابطه ی زیر محاسبه می‌شود:

$$p_{wind} = W_{wind} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times {V_1}^3$$

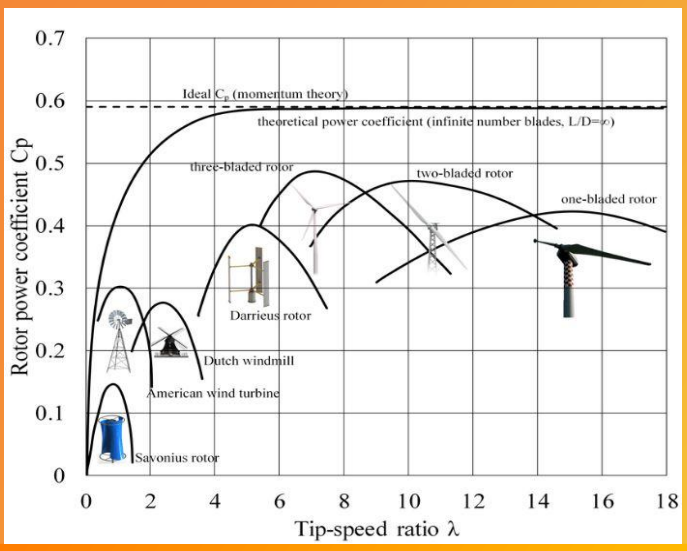
ρ: چگالی هوا

A: مساحت محیطی که پره ها در آن دوران می‌کنند

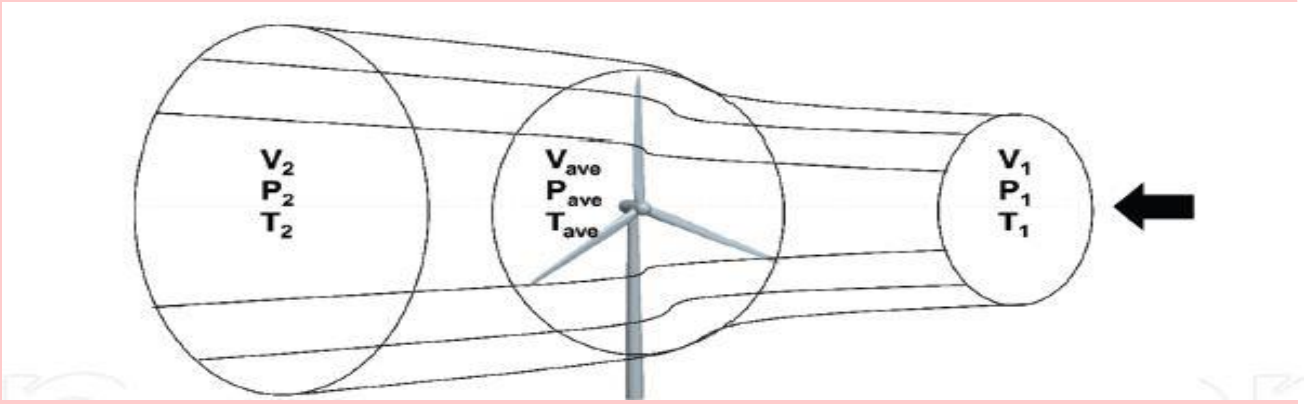
V: سرعت هوا

اما توانی که توربین از باد دریافت می‌کند،پایین‌تر از مقدار فوق است.که در این پژوهش توان دریافتی با p_{rotor} نشان داده می‌شود.این توان از ضرب یک ضریب به اسم C_p در p_{wind} به دست می‌آید. به این ضریب،ضریب بتز ،ضریب توان یا بازده انرژی دریافتی توربین بادی گفته می‌شود که قبلا معرفی شده است.

مقایسه این چند نمودار نشان می‌دهد که بازده توربین بادی محور افقی سه پره از همه نمونه های تجهیزات تولید توان بادی بالاتر است.در این پژوهش به بررسی پارامتر های این نوع توربین بادی می‌پردازیم.



شکل ۶



شکل ۷

آنالیز انرژی توربین بادی

ابتدا رابطه ی انرژی جنبشی را برای توربین بادی می‌نویسیم:

$$E_K = \frac{1}{2} \times m \times {V_1}^2$$

که m و v به ترتیب دبی و سرعت بادهستند. اگر جرم هوا در یک لحظه‌ی خاص در نظر بگیریم می‌توانیم m را به صورت زیر بنویسیم (دبی جرمی):

$$m = \rho AVt \quad \text{یا} \quad \dot{m} = \rho AV$$

ρ:چگالی هوا

A: مساحت محیطی که پره ها در آن دوران می‌کنند

V: سرعت هوا

t: زمان محاسبه جرم

دو مقطع متفاوت در نظر می‌گیریم که دارای دبی های متفاوت هستند و در دو زمان مجزا از هم اندازه گیری شده اند.بنابراین تغییرات انرژی جنبشی و مومنتوم سیال به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$V_{ave} = \frac{1}{2} \times (V_1 + V_2)$$

بنابراین توان دریافتی از پره ها از حاصل ضرب سرعت متوسط پره ها در مومنتوم هوا به دست می‌آید (p_{rotor}):

$$p_{rotor} = \dot{m}(V_1 - \grave{V}_2)V_{ave} = \rho A V_{ave}(V_1 - \grave{V}_2)V_{ave}$$

$$p_{rotor} = \rho A \frac{(V_1 + \grave{V}_2)}{2}(V_1 - \grave{V}_2)\frac{(V_1 + \grave{V}_2)}{2}$$

$$p_{rotor} = \rho A \frac{(V_1 + \grave{V}_2)^2}{4}(V_1 - \grave{V}_2)$$

اگر از V_1 فاکتور بگیریم و نسبت $\grave{V}_2$ به V_1 را a بنامیم معادله به شکل زیر در می آید:

$$a = \frac{\grave{V}_2}{V_1}$$

$$p_{rotor} = \frac{\rho A}{4} {V_1}^3 (1 + a)^2 (1 - a)$$

باتوجه به تصویر شماره۶ ،ملاحظه می شود که اگر بخواهیم ماکسیمم C_p هر یک از دستگاه ها را محاسبه کنیم باید شیب خط مماس بر منحنی را در نوک قله ها به دست بیاوریم تا بتوانیم مقدار λ که C_p به بیشینه مقدار خود می رسد را به دست آوریم.همانطور که فرمول λ هم مشاهده می‌شود،این مولفه همانند a تابعی از سرعت است.با مشتق گیری از p_{rotor} نسبت به a و مساوی صفر قرار دادن رابطه ی مذکور به دست بدست می آید.

$$\frac{dp_{rotor}}{da} = \frac{\rho A}{4} {V_1}^3 (2(1 + a)(1 - a) - (1 + a)^2) = 0$$

با حل معادله فوق مقدار a=$\frac{1}{3}$ به دست می آید. با جانشانی این عدد در رابطه ی p_{rotor} بیشینه مقدار توان دریافتی موتور $\frac{8}{27}\rho A {V_1}^3$ به دست می آید.اگر این مقدار را در رابطه ی C_p قرار دهیم به شرح زیر است:

$$C_p = \frac{\frac{8}{27}\rho A {V_1}^3}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times {V_1}^3} = \frac{16}{27} = 0.593$$

نتیجه ی فوق نشان می‌دهد که هیچ گاه توان دریافتی هر نوع توربین بادی از باد نمی‌تواند بیش از حدود ۵۹۳. ۰درصد باشد.

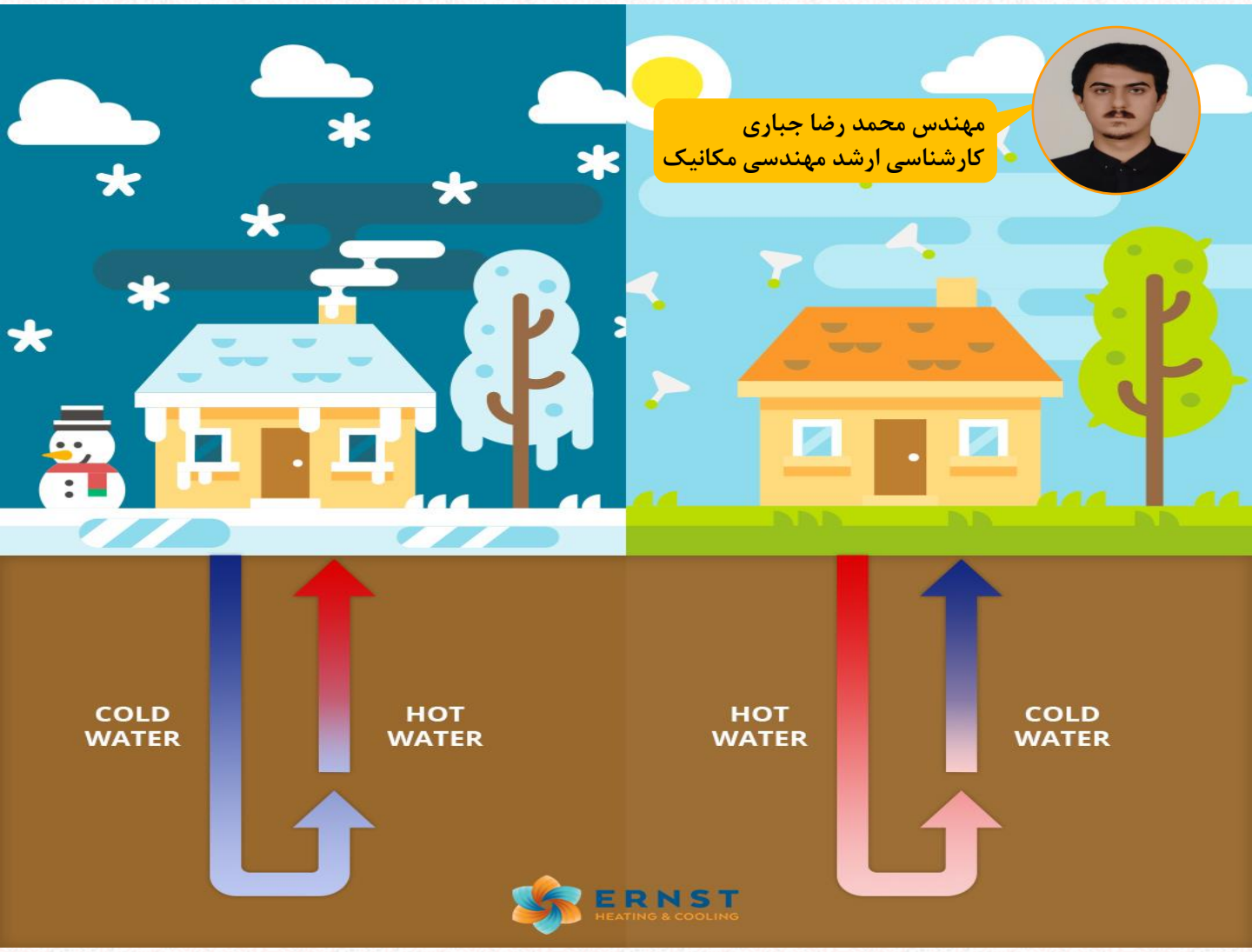
در اوایل سال ۱۹۰۰، طرح های بیشتری ارائه شدند. یک مهندس فنلاندی یک توربین بادی جدید ساخت که در حال حاضر به نام توربین بادی سونیوس شناخته می شود.این طراحی یک مدل به شکل Sرا نشان می دهد که دارای دو یا چند تیغه می باشند که اغلب به شکل فنجان ساخته می شوند.این نمونه ای از یک توربین درگ است به طوری که توربین بر اساس حرکت باد که موازی با توربین است حرکت می کند. (شکل ۳)
مشکل این نوع توربین بادی راندمان پایین و در کنار آن ایجاد آلودگی ناشی از فرایند های تولید این نوع توربین‌ها می‌باشد.
میدان های انرژی بادی در مجموع به رشد خود ادامه داده است تا جایی که ظرفیت انرژی بادی جهان حدود ۳۵۰۰۰ مگاوات است.تلاش های مستمر در توسعه آسیاب بادی منجر به ساخته شدن طرح هایی از توربین بادی مدرن شدکه در طیف وسیعی از محور عمودی و محور افقی تولید می شوند.



شکل ۳

بسیاری از از پروانه هایی که برای استفاده در هواپیماها و هلیکوپترها ساخته شده اند، از کار بر روی طراحی پره‌های توربین‌های بادی انجام شده است. کوچکترین توربین‌ها برای شارژ باتری‌ها استفاده می‌شود. (برای چراغ های راهنمایی در کنترل ترافیک و برق قایق ها و کاروان های مسافرتی).
توربین‌های بادی کمی بزرگتر با سایز متوسط برای مصارف خانگی استفاده می‌شود. آن میزان برق اضافی که تولید شده به شبکه ی برق شهری افزوده می‌شود.
توربین‌های بادی مدرن به دو گروه محور افقی وعمودی تقسیم می‌شوند که نمونه بارز افقی آسیاب های بادی مزارع سنتی که برای پمپاژ آب از آن ها استفاده می‌شود وطراحی محور عمودی که نمونه بارز آن مدل داریس که به نام مخترع فرانسوی اش است می‌باشد.
امروزه طرح های محور افقی بیشتر در توربین‌های بادی بزرگ استفاده می‌شود. در سال۱۹۰۰حدود ۲۵۰۰ آسیاب بادی در دانمارک وجود داشت که برای کارهای مکانیکی استفاده می‌شد، مانند پمپ‌ها و آسیاب‌ها. اوج قدرت این توربین‌ها حدود ۳۰ مگاوات تخمین زده می شود.
بزرگترین توربین‌ها دارای چهار پره بودند که این پره ها روی روتور نصب شده بودند ،قطر این مجموعه ۲۳ متر (۷۵ فوت) بود که روی یک برج به طول ۲۴ متر(۷۹ فوت)نصب شده بوداند. همچنین ایالات متحده نیز در آن زمان توربین های بادی نصب کرده بود که این توربین در کلولند اوهایو نصب شده بودند.این توربین توسط کارلس براش ساخته شده بود.

انرژی زمین گرمایی: مروری بر ضرورت توسعه و چالش‌های پیش‌رو



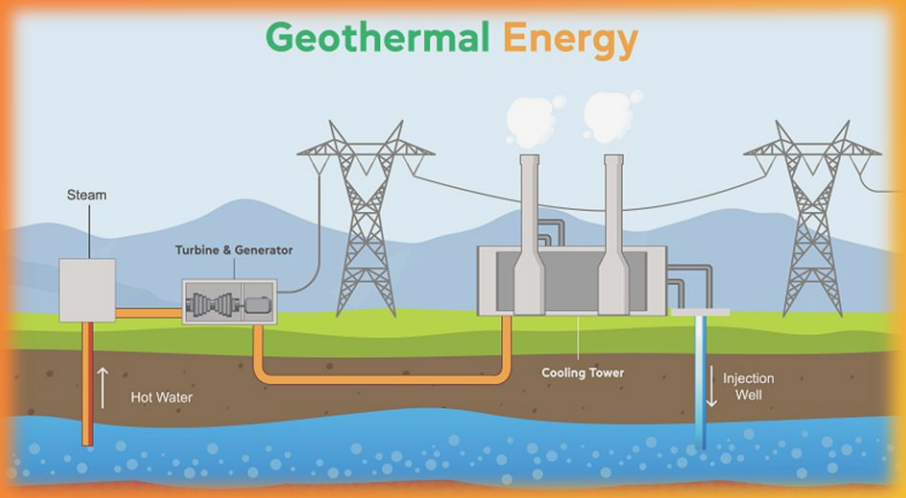
مهندس محمد رضا جباری
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

چکیده

پژوهش حاضر، به بررسی انرژی زمین گرمایی به صورت ساده و توصیف ظرفیت‌ها و چالش‌های آن می‌پردازد که در این راستا از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی مقالات فارسی و انگلیسی کمک گرفته شده است. از آن‌جایی که امروزه، ظرفیت نصب شده این منبع تجدیدپذیر در سطح جهان به بیش از ۱۰ هزار مگاوات رسیده است و نیمی از این ظرفیت در کشورهای پیشرفته مانند ایالات متحده، فیلیپین، اندونزی، مکزیک، ایتالیا و ژاپن قرار دارد، می‌توان نتیجه گرفت که مزایای این انرژی نو برچالش‌های آن غلبه می‌کند و به زودی با توسعه روزافزون آن، نیاز بیشتر کشورها به انرژی را پاسخگو خواهد بود.

مقدمه

امروزه اهمیت انرژی‌های نو بر کسی پوشیده نیست. در دنیایی که با کمبود منابع و چالش‌های زیست‌محیطی روبروست، بشریت به دنبال راه‌حل‌های نوآورانه برای نیازهای انرژی خود است. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر مدرن، انرژی باد، زمین گرمایی و خورشیدی عملی‌ترین نوع انرژی‌های تجدیدپذیر هستند که در این مطالعه، به بررسی انرژی زمین گرمایی پرداخته شده است، چراکه این منبع عظیم انرژی نه‌تنها پاک و تجدیدپذیر است، بلکه پتانسیل تولید برق به‌صورت شبانه‌روزی و بدون وقفه را نیز دارد؛ به همین دلیل، شاهد افزایش توجه و سرمایه‌گذاری در این حوزه در سراسر جهان هستیم. مرکز زمین، به عمق تقریبی ۶۴۰۰ کیلومتر و حرارتی در حدود ۴۰۰۰ درجه سانتی گراد، به عنوان یک منبع حرارتی عمل نموده و موجب تشکیل و پیدایش مواد مذاب با درجه حرارت ۶۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد در اعماق ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتری از سطح زمین می‌گردد. به طور میانگین میزان انتشار این حرارت از سطح زمین که فرایندی مستمر است معادل ۸۲ میلی‌وات در واحد سطح است که با درنظرگرفتن مساحت کل سطح زمین مجموع کل اتلاف حرارت از سطح آن، برابر با ۴۲ میلیون مگاوات است. انرژی زمین گرمایی از فرایندهای مختلفی در درون زمین، مانند فروپاشی رادیواکتیو عناصر و حرکت صفحات تکتونیکی، سرچشمه می‌گیرد. در نواحی خاصی از کره زمین، مانند مرز صفحات تکتونیکی، گسل‌ها و مناطق آتشفشانی، این گرمای درونی به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شود و به‌راحتی قابل استخراج و استفاده است



در پژوهش‌های اخیر، مطالعات زیادی بر روی تحلیل و بهینه سازی عملکرد چرخه‌های نیروگاه‌های زمین گرمایی صورت گرفته است که در برخی از این مطالعات، چرخه تبخیر آنی یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای بررسی شده است و در مطالعه‌ای دیگر به انواع چرخه‌های زمین گرمایی از جمله چرخه باینری ساده، چرخه باینری با مبادله‌کن گرمایی داخلی، چرخه باینری بازیاب و ترکیب باینری-تبخیری پرداخته شده است.

در تحقیقات ذکر شده، چاه‌های زمین گرمایی به صورت واحد در نظر گرفته شده‌اند؛ درصورتی‌که هر منطقه با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و شرایط ژئوتکتونیکی، از پتانسیل متفاوتی برای بهره‌مندی از این منبع انرژی تجدیدپذیر برخوردار است. در این راستا، تعداد و نوع چاه‌های حفر شده در هر ناحیه، با هدف استخراج حداکثر انرژی و تناسب با شرایط خاص آن منطقه تعیین می‌شود. در مطالعه پیش رو، به بررسی انرژی زمین گرمایی، مزایا و چالش‌های پیش‌روی آن پرداخته شده است و سعی شده، آماری از ظرفیت نیروگاه‌های زمین گرمایی جهان ارائه شده و پتانسیل کشور ایران از سهم انرژی زمین گرمایی موجود در جهان بررسی شود. همچنین، اشاره‌ای به سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی شده است.

انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی در واقع انرژی تجدیدپذیری است که از گرمای هسته زمین و واکنش‌های هسته‌ای موجود در به دست می‌آید. به‌وسیله یک سیال مانند آب می‌توان این گرما را به سطح زمین انتقال داد و در کاربردهای مختلف از جمله تولید برق از آن استفاده کرد. این منبع انرژی برخلاف منابع تجدیدپذیر متناوب مانند انرژی خورشیدی و باد، به صورت مداوم در دسترس است و تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار نمی‌گیرد. ایده استفاده از این منبع انرژی برای تولید برق، قدمتی صد ساله دارد، اما انگیزه جدی برای بهره‌برداری از آن در اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی به وجود آمد. در دنیای امروزی که با کمبود روزافزون منابع فسیلی، خطرات ذاتی نیروگاه‌های هسته‌ای و تشدید نگرانی‌های زیست محیطی روبرو است، روی آوردن به منابع انرژی تجدیدپذیر امری مهم و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد و انرژی زمین گرمایی، نقشی کلیدی در تامین تقاضای رو به رشد انرژی در آینده ایفا خواهد کرد. بر اساس پیش‌بینی‌ها، تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۴۰ نسبت به سطح فعلی بیش از ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت. این امر چالشی بزرگ را برای جوامع در سراسر جهان به وجود می‌آورد، زیرا باید راه‌هایی برای برآوردن این تقاضای رو به رشد و در عین حال کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مبارزه با تغییرات آب و هوایی پیدا کنند. توافقنامه پاریس که در سال ۲۰۱۵ به امضا رسید، نقطه عطفی در تلاش‌های جهانی برای مقابله با تغییرات آب و هوایی بود. این توافقنامه کشورها را ملزم می‌کند تا اقداماتی را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود انجام دهند و به سمت یک اقتصاد جهانی بدون کربن تا سال ۲۰۵۰ حرکت کنند. این توافق به قدری مهم بود که تاثیر آن در اجلاس آب و هوای سازمان ملل نیز دیده شد؛ جایی‌که حدود ۲۰۰ کشور در کاتوویتس لهستان جمع شدند و با هدف دستیابی به چشم‌انداز کاهش گرمایش جهانی، همانند توافق‌نامه پاریس، توافق‌نامه دیگری را امضا کردند.

ضرورت توسعه انرژی زمین گرمایی

کل انرژی حرارتی زمین در حدود 10^{13} EJ تخمین زده می‌شود که مقدار بسیار زیادی است؛ بنابراین طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰، شاهد رشدی چشمگیر در استفاده از انرژی زمین‌گرمایی بودیم، به‌طوری‌که ظرفیت نصب شده این منبع تجدیدپذیر در سطح جهان به بیش از ۱۰ هزار مگاوات رسید. تقریبا نیمی از ظرفیت انرژی زمین گرمایی جهان در ایالات متحده، فیلیپین، اندونزی، مکزیک، ایتالیا و ژاپن قرار دارد که پاسخگوی بیشتر نیاز سایر کشورها به انرژی است.

این اقبال گسترده به انرژی زمین گرمایی به دلیل وجود مزایای زیاد آن در مقایسه با سوخت‌های فسیلی یا حتی بعضی از انرژی‌های جایگزین آن‌ها است، از جمله:

۱- برخلاف منابع انرژی تجدیدپذیر دیگر مانند انرژی خورشیدی و بادی که به شرایط آب‌وهوایی و فصول مختلف وابسته هستند، انرژی زمین گرمایی با نرخی ثابت و بدون وقفه در دسترس است .

۲- انرژی زمین گرمایی به‌عنوان منبعی پایدار و قابل‌اتکا، می‌تواند کمبودهای انرژی‌های تجدیدپذیر متناوب مانند خورشیدی، بادی و آبی را جبران کند و به‌عنوان مکمل آنها عمل نماید.

۳- آلودگی تولیدی توسط نیروگاه‌های زمین گرمایی در مقایسه با سایر منابع تولید برق، بسیار ناچیز و قابل‌چشم‌پوشی است.

۴- زمین گرمایی ردپای سطحی بسیار کمی در مقایسه با سایر کاربری‌های انرژی برجای می‌گذارد



در دسترس بودن منبع به‌صورت منظم

انرژی زمین گرمایی به‌عنوان یک منبع برق تجدیدپذیر، مزایای قابل‌توجهی از جمله انعطاف‌پذیری و پایداری را ارائه می‌دهد. برخلاف منابع متکی به آب‌وهوا مانند انرژی خورشیدی و بادی، نیروگاه‌های زمین گرمایی می‌توانند به طور مداوم و بدون وقفه، در بیش از ۷۰ درصد مواقع (تا ۹۵ درصد برای تاسیسات جدید) به تولید برق بپردازند. این امر آنها را به گزینه‌ای ایده‌آل برای تامین برق پایدار و قابل اتکا تبدیل می‌کند.

پتانسیل بالا در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر

برخلاف منابع انرژی تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و بادی که به شرایط آب‌وهوایی وابسته هستند، برق زمین گرمایی به طور شبانه‌روز و بدون وقفه در دسترس است. گرمای زمین منبعی دائمی و قابل‌اتکا برای تولید برق فراهم می‌کند. نیروگاه‌های زمین گرمایی که به طور مسئولانه ساخته و مدیریت شوند، می‌توانند عمر طولانی ۵۰ سال یا بیشتر داشته باشند. این امر آنها را به سرمایه‌گذاری‌های مقرون به صرفه‌تر در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر که ممکن است نیاز به تعویض یا به‌روزرسانی مکرر داشته باشند، تبدیل می‌کند؛ برای مثال نیروگاه‌هایی مانند نیروگاه Geysers در کالیفرنیا که در دهه ۱۹۷۰ ساخته شده‌اند، هنوز هم در حال کار هستند و نشان‌دهنده قابلیت اطمینان و کارایی این فناوری در طول زمان هستند. همچنین، در مقایسه با سایر فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر که هنوز نسبتاً جدید هستند و ممکن است با خطرات فنی بالایی همراه باشند، برق زمین گرمایی ریسک کمتری را به همراه دارد

اثرات زیست محیطی

از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای، انرژی زمین گرمایی در بین منابع تأمین بار پایه، کمترین آلایندگی را به ارمغان می‌آورد. آلودگی کربنی زمین گرمایی (۳۹۶-۵۹ پوند بر مگاوات ساعت) در مقایسه با زغال سنگ (۲۲۰۰ پوند بر مگاوات ساعت) یا گاز طبیعی (۸۶۱ پوند بر مگاوات ساعت) قابل چشم‌پوشی است.

نیروگاه‌های زمین گرمایی در مقایسه با سایر منابع انرژی، به‌ویژه در قیاس با دیگر منابع تجدیدپذیر، به فضای زمینی به مراتب کمتری نیاز دارند.

فرصت های شغلی و توسعه اقتصادی

بهره‌برداری از منابع انرژی زمین گرمایی می‌تواند دریچه‌ای نو به‌سوی توسعه اقتصادی کشورها بگشاید. این امر از طریق ایجاد فرصت‌های شغلی، افزایش درآمدهای مالیاتی و حق امتیازات، و همچنین امکان صادرات دانش و فناوری حاصل می‌شود. برای مثال، در کشور آمریکا بر خلاف برخلاف انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشید و باد ، نیروگاه‌های زمین گرمایی حق امتیازهای ایالتی یا فدرال و مبالغ کلانی مالیات دارایی پرداخت می‌کنند که برای نواحی روستایی که این نیروگاه‌ها در آن‌جا قرار دارند، منبع درآمدی ارزشمند است.

انرژی خورشیدی از مالیات معاف است و مبناهای مالیاتی را در این نواحی جابه‌جا می‌کند. به علاوه منابع زمین گرمایی کاملا اجاره‌ای هستند. همچنین زمین‌های ایالتی درآمدهای اضافی از توسعه زمین گرمایی کسب می‌کنند. نیمی از نیروگاه‌های زمین گرمایی در زمین‌های عمومی قرار دارند که سبب افزایش درآمد برای آن ایالت یا استان می‌شوند.
در سال ۲۰۱۳، صنعت انرژی زمین گرمایی در ۲۸ کشور عضو اتحادیه اروپا به طور مستقیم بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ شغل ایجاد کرده بود. این مشاغل طیف وسیعی از تخصص ها را شامل می شد، از مهندسی، حفاری و کارگران عملیاتی نیروگاه گرفته تا مدیران پروژه.

منابع زمین گرمایی و سیستم های بهبود یافته زمین گرمایی

در استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی، گرمای زمین بدون هیچ واسطه‌ای به کار گرفته می‌شود. در این حالت، انرژی زمین گرمایی به انرژی الکتریکی تبدیل نمی‌شود، بلکه به‌صورت مستقیم از انرژی حرارتی آن استفاده می‌گردد. استفاده غیرمستقیم از انرژی زمین گرمایی همان تولید برق به‌وسیله گرما و یا بخار خروجی از منابع زمین گرمایی است. به‌منظور تولید برق از انرژی زمین گرمایی، آب‌های داغ یا بخارات داغ طبیعی از درون چاه‌های حفر شده به سطح زمین هدایت می‌شوند و جهت به چرخش درآوردن توربین مورداستفاده قرار می‌گیرند .
امروزه، شاهد تحولات چشمگیری در عرصه انرژی‌های تجدیدپذیر هستیم. یکی از این نوآوری‌ها، استفاده از سیال‌های فوق‌بحرانی در سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی است. این سیستم‌ها به‌واسطه برخورداری از انعطاف‌پذیری بالا، قادر به پذیرش طیف وسیعی از سیالات هستند. بااین‌حال، در کنار مزایای فنی، ملاحظات اقتصادی نیز در انتخاب سیال مناسب نقشی اساسی ایفا می‌کنند.
به‌طورکلی بر اساس ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی و انتقال حرارت، مخازن زمین گرمایی به چهار گروه مخازن گرمابی، مخازن سنگ‌داغ خشک، مخازن زمین تحت‌فشار و مخازن ماگماتیک طبقه‌بندی می‌شوند.
مخازن گرمابی حاوی آب یا بخار هستند که به دلیل نزدیکی به ماگمای داغ، گرم شده‌اند. در مخازن زمین تحت‌فشار، دما و فشار بالا فقط به دلیل افزایش عمق رسوبات است. برخلاف مخازن گرمابی که حاوی سیال هستند، مخازن سنگ‌داغ و خشک فاقد هرگونه سیال می‌باشند.
گرمای موجود در این مخازن صرفاً به دلیل اختلاف دمای موجود در اعماق زمین است. این نوع از منابع زمین گرمایی از سنگ‌های متراکم و داغی تشکیل شده‌اند که به طور طبیعی تخلخل و تراوایی لازم برای جریان سیال را ندارند. به همین دلیل، با استفاده از روش‌های مکانیکی مانند آب‌شکنی و انفجار، شکاف‌هایی در این سنگ‌ها ایجاد می‌شود تا سیال گرم به سطح زمین راه پیدا کند .فراوانی این نوع از مخازن به دلیل عدم نیاز به سیال خارجی برای استخراج انرژی، در مقایسه با سایر منابع زمین گرمایی، بیشتر است. بااین‌حال، به دلیل دشواری ایجاد شکاف‌های مصنوعی در سنگ‌های متراکم، بهره‌برداری از این منابع چالش‌برانگیزتر است

سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی بر روی مخازن سنگ‌های داغ و خشک نصب می‌شوند. بخار و آب‌های داغ زمین گرمایی فقط بخش کوچکی از منابع این نوع انرژی را تشکیل می‌دهند. شرایط لازم برای به جریان افتادن طبیعی آب به سطح زمین فقط در ۱۰ درصد از مناطق خشک زمین وجود دارد .در سیستم‌های سنتی زمین گرمایی، قبل از حفر چاه‌ها، با روش‌های خاصی شکستگی ایجاد می‌شود و از یک چاه برای تزریق و برداشت سیال استفاده می‌شود. این سیستم‌ها به نام سیستم‌های سنگ‌داغ و خشک شناخته می‌شوند. به دلیل زمان و سطح تماس کم سیال با منبع، دبی تزریقی در این سیستم‌ها محدود است. سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی این مشکل را حل کرده‌اند. در این سیستم‌ها، تعدادی چاه بافاصله ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر حفر می‌شود و با استفاده از روش‌های آب‌شکنی و انفجار، شکستگی و تراوایی مصنوعی در مخزن ایجاد می‌شود. سپس، سیال از طریق چاه‌های تزریق وارد مخزن شده و با عبور از محیط متخلخل منبع و جذب گرما، به چاه برداشت می‌رسد. از آنجا، سیال برای استحصال انرژی از چاه تزریق خارج می‌شود. به دلیل زمان تماس بیشتر و سطح تماس بالا بین سیال و منبع گرما، میزان انرژی استخراج شده از این سیستم‌ها به طور قابل‌توجهی بیشتر از نیروگاه‌های سنتی سنگ‌داغ و خشک است. تحقیقات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که دی‌اکسیدکربن به لحاظ هیدرودینامیکی، سیال مناسب‌تری برای استفاده در سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی است چرا که افت فشار کمتری ایجاد می‌کند. با وجود این، آب با وجود جریان جرمی کمتر، گرمای بیشتری را استخراج می‌کند. از نظر اقتصادی، آب به طور معمول در دسترس است، نادیده بگیریم. تولید دی‌اکسیدکربن مورد نیاز این سامانه‌ها در محل، می‌تواند از نظر اقتصادی به‌صرفه باشد. برای این منظور می‌توان از صنایع با آلایندگی دی‌اکسیدکربن بالا، مانند سامانه‌های تبدیل زغال‌سنگ به گاز مایع، استفاده کرد.

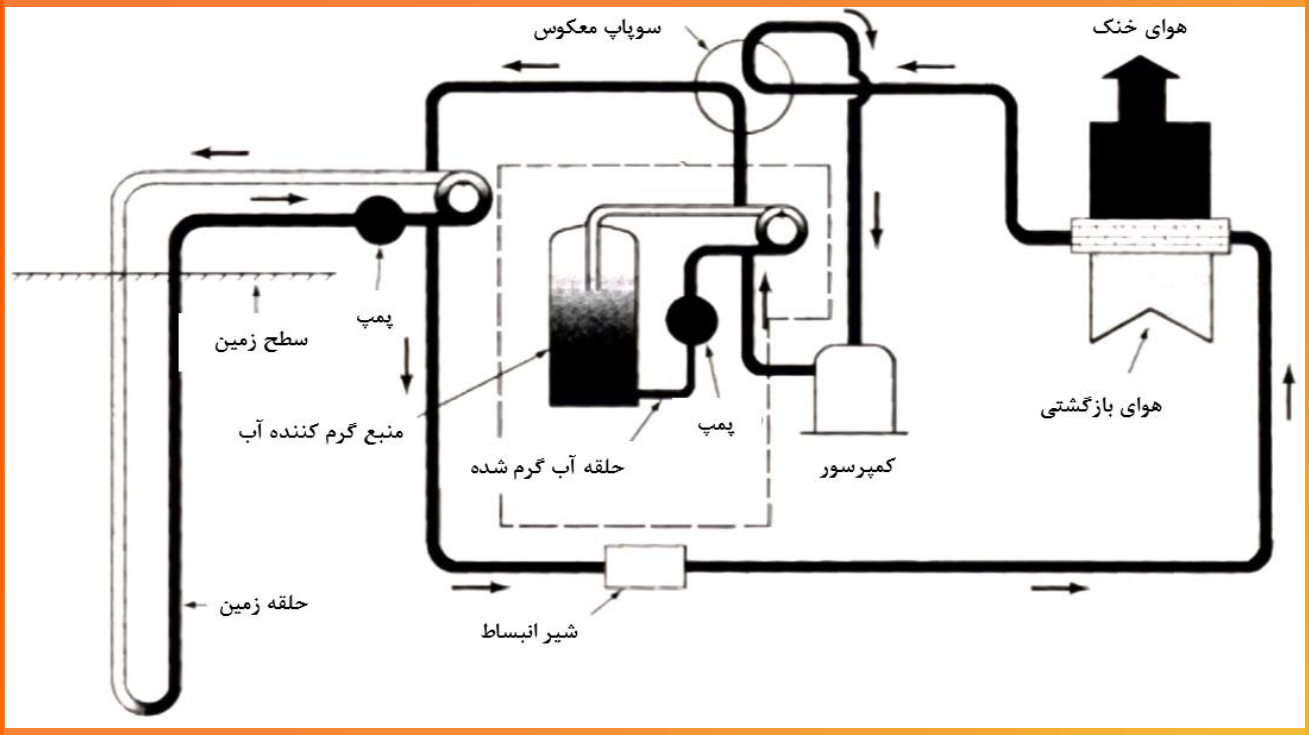
انواع نیروگاه‌های زمین گرمایی

نیروگاه‌های زمین گرمایی از سه نوع اصلی بخار خشک، بخار انبساط آنی و چرخه رانکین تشکیل شده‌اند که هر کدام باتوجه‌به دمای منبع حرارتی زمین گرمایی انتخاب می‌شوند. در دماهای بالاتر از ۲۳۵ درجه سانتی‌گراد، از بخار خشک، در دماهای بین ۱۸۰ تا ۲۳۵ درجه از بخار انبساط آنی تک یا دو مرحله‌ای و در دماهای پایین‌تر از ۱۸۰ درجه از چرخه رانکین استفاده می‌شود.

پمپ حرارتی زمین گرمایی

سیستم‌های خنک‌کننده‌ای که از زمین به عنوان منبع گرما یا سرما استفاده می‌کنند، پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی نامیده می‌شوند. این سیستم‌ها، به دلیل استفاده از دمای ثابت زمین، به جای تولید گرما یا سرما، به انتقال آن می‌پردازند و به همین دلیل، مصرف انرژی پایین‌تری دارند. در مقایسه با سیستم‌های تهویه مطبوع رایج، پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی مزایای متعددی دارند، از جمله اینکه به دلیل استفاده از دمای ثابت زمین، این سیستم‌ها

انرژی کمتری برای گرمایش یا سرمایش محیط نیاز دارند. همچنین، دمای ثابت زمین به پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی این اجازه را می‌دهد تا با بازده بیشتری عمل کنند. شکل زیر اجزای تشکیل‌دهنده یک پمپ حرارتی زمین‌گرمایی را نشان می‌دهد. در مقابل این مزایای قابل توجه، راه‌اندازی اولیه پمپ‌های حرارتی زمین گرمایی گران‌تر است. بخش عمده‌ای از این هزینه به حفر کانال‌های زیرزمینی، خرید لوله‌های پلی‌اتیلن و نصب آنها اختصاص دارد؛ چون لوله‌های کویل زمین گرمایی از زیر زمین عبور می‌کنند، هزینه‌های شامل، هزینه لوله پلی‌اتیلنی، هزینه‌های حفر و پرکردن کانال، پمپ سیرکولاتور و سیال ضدیخ به قیمت تمام شده پمپ حرارتی اضافه می‌شود.



اجزای تشکیل دهنده پمپ حرارتی زمین گرمایی (مود سرمایش)

اگرچه سیستم‌های پمپ حرارتی زمین گرمایی هزینه اولیه گران‌تری دارند، اما به دلیل صرفه‌جویی در مصرف برق و مزایای فنی و زیست‌محیطی متعدد، این سرمایه‌گذاری اولیه در طول زمان جبران می‌شود. طبق آمار، بازگشت سرمایه این سیستم‌ها به طور متوسط بین ۵ تا ۷ سال طول می‌کشد.

پتانسیل انرژی زمین گرمایی در ایران

بر اساس طبقه‌بندی‌های صورت‌گرفته جهانی، ایران در گروه کشورهایی قرار گرفته است که دارای ذخایر احتمالی برای تولید برق از انرژی زمین با استفاده از سیکل‌های تبخیر آنی و دو مداره (برای دوره ۳۰ساله) بوده و قابلیت تولید برق زمین گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات برای آن پیش‌بینی شده است. در این میان، منطقه سبلان، امیدوارکننده‌ترین منطقه برای فعالیت‌های زمین گرمایی ایران است.

مشکلات انرژی زمین گرمایی

نیروگاه‌های زمین گرمایی اگرچه به لحاظ اقتصادی حساس هستند، اما راه‌اندازی آنها با صرف هزینه‌ای کم و قابل‌پیش‌بینی انجام می‌شود. هزینه‌های توسعه در طی زمان با افزایش هزینه‌های EPC و کالا و همچنین به دلیل افزایش هزینه‌های فناوری، هم‌راستا با روندهای بخش نفت و گاز، افزایش می‌یابند. هزینه‌های کلی احداث یک نیروگاه زمین گرمایی را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

- هزینه‌های اکتشاف و ارزیابی منبع
- حفر چاه‌های تولیدی باید به‌گونه‌ای انجام شود که احتمال موفقیت آنها بین ۶۰ تا ۹۰ درصد باشد. این امر مستلزم انجام مطالعات دقیق زمین‌شناسی، انتخاب محل مناسب حفاری و استفاده از تجهیزات و فناوری‌های پیشرفته است. تمام این موارد به نوبه خود بر هزینه‌های حفاری چاه‌های تولیدی می‌افزایند.
- آماده‌سازی و راه‌اندازی اولیه تجهیزات و زیرساخت‌های مرتبط با انرژی زمین گرمایی تجهیزات نیروگاه و هزینه‌های مربوط به آن‌ها توسعه پروژه و هزینه‌های اتصال به شبکه هزینه احداث نیروگاه‌های زمین گرمایی به‌شدت به محل احداث و نوع پروژه بستگی دارد. طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۷، هزینه ساخت هر کیلووات ظرفیت این نوع نیروگاه‌ها بین ۱۸۷۰ تا ۵۰۵۰ دلار متغیر است

نتیجه

باتوجه به تقاضای انرژی در جهان که روزبه‌روز در حال افزایش است و نیز مبارزات صورت‌گرفته با تغییرات آب‌وهوایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت استفاده از منابع تجدیدپذیر، بیش‌ازپیش اهمیت پیدا می‌کند. یکی از این منابع که قابلیت ترکیب با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر را دارد، انرژی زمین گرمایی است. در این پژوهش، گفته شد که انرژی زمین گرمایی، انرژی تجدیدپذیری است که از گرمای هسته زمین و واکنش‌های هسته‌ای موجود در آن به دست می‌آید و از چالش‌های پیش‌روی این انرژی به هزینه‌های اکتشاف و ارزیابی منبع، تجهیزات نیروگاه و هزینه‌های مربوط به آن‌ها و توسعه پروژه و هزینه‌های اتصال به شبکه و غیره اشاره شد.

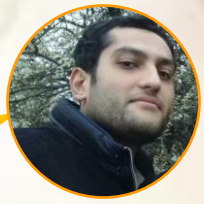
طبق برآوردهای انجام شده، مشخص شده که هزینه ساخت هر کیلووات ظرفیت نیروگاه‌های زمین گرمایی، بین ۱۸۷۰ تا ۵۰۵۰ دلار متغیر است که هزینه نسبتاً بالایی محسوب می‌شود، اما ازآنجایی‌که از نظر زیست‌محیطی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، انرژی زمین گرمایی در بین منابع تأمین بار پایه، کمترین آلایندگی را به ارمغان می‌آورد، هدف جهانی در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی را ارضا می‌کند. از طرفی فرصت‌های شغلی ایجاد شده، افزایش درآمدهای مالیاتی و حق امتیازات، و همچنین امکان صادرات دانش و فناوری، انگیزه برای توسعه این انرژی را افزایش می‌دهد. در ضمن مسئله عدم وابستگی به شرایط آب‌وهوایی و توجه به این موضوع که کل انرژی حرارتی زمین در حدود EJ1013 تخمین زده می‌شود، چالش‌های پیش‌روی این انرژی را پوشش می‌دهد.

استفاده از سیستم‌های بهبودیافته زمین گرمایی و توسعه آن‌ها، روش دیگری برای غلبه بر مشکلات این انرژی و افزایش میزان انرژی استخراج شده از این سیستم‌ها می‌باشد.

تمامی این عوامل سبب می‌شود که توجه بیشتری به انرژی زمین گرمایی شود و از آن در تولید برق موردنیاز استفاده شود که این مسئله را می‌توان در اکثر کشورهای جهان اول مشاهده کرد. کشور ایران نیز در زمینه انرژی زمین گرمایی بسیار پر پتانسیل است و دارای ذخایر احتمالی تولید برق به مدت ۳۰ سال بوده و قابلیت تولید برق زمین گرمایی با ظرفیت بیش از ۲۰۰ مگاوات برای آن پیش‌بینی می‌شود؛ البته که با ترکیب این انرژی با منابع تجدیدپذیر دیگر مثل توربین های بادی، سلول‌های خورشیدی و سیستم‌های ریفورمینگ، میتوان ظرفیت را بیش از این مقدار نیز بالا برد و استفاده‌های بهینه تری انجام داد.

ارزیابی کارایی سیستم تولید هیدروژن،

توان و گرمایش بر پایه ی حلقه شیمیایی احتراق همرا با جذب کربن دی اکسید از طریق حلقه کلسیم



علی اکبر درآبادی
دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک

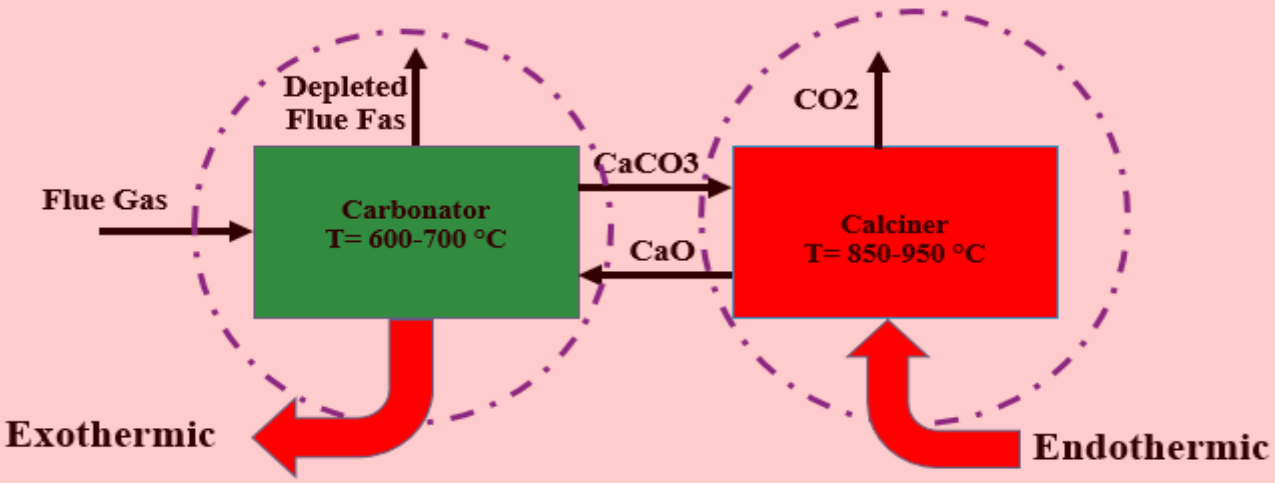
مقدمه

پیامدهای رو به افزایش تغییرات اقلیمی، ناشی از انتشار قابل توجه گازهای گلخانه‌ای، به یک معضل جهانی بحرانی تبدیل شده است. عزم جمعی که از طریق توافق پاریس ابراز شده، نشان‌دهنده عزم جهانی یکپارچه برای محدود کردن افزایش دماهای جهانی به حداکثر ۱.۵ درجه سلتسیوس است. در میان انواع گازهای گلخانه‌ای، دی‌اکسید کربن (co_2) به عنوان یکی از عوامل اصلی تغییرات اقلیمی شناخته می‌شود و ۸۰٪ از کل این گازها را شامل می‌شود. به وضوح دیده می‌شود که غلظت کربن دی اکسید در پنج دهه گذشته حدود ۱۰۰ قسمت در میلیون افزایش یافته و از این آستانه بحرانی ۴۰۰ ppm فراتر رفته است.

فن‌آوری‌های جذب دی‌اکسید کربن را می‌توان بر اساس ویژگی‌های فرآیندی‌شان به سه دسته اصلی تقسیم کرد: احتراق با اکسیژن oxy-fuel combustion جذب کربن دی اکسید پیش از احتراق و جذب کربن دی اکسید پس از احتراق (مانند تکنیک جذب آمین). مسیرهای فنی این فناوری‌ها به طور ذاتی متمایز هستند. در حال حاضر، جذب کربن دی اکسید پس از احتراق به عنوان پیشرفته‌ترین و قابل اعتمادترین روش شناخته می‌شود. علاوه بر این، این روش مزایای اقتصادی چشمگیری را به همراه دارد زیرا نیاز به تغییرات گسترده در تجهیزات نیروگاه‌های کنونی را برطرف می‌کند.

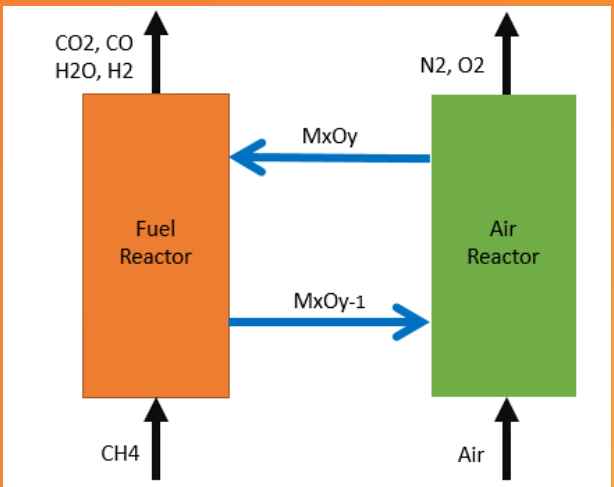
در زمینه‌های مربوط به جذب کربن دی اکسید پس از احتراق، روش‌های جذب آمین و حلقه کلسیم (CaL) به عنوان رایج‌ترین روش‌ها به شمار می‌آیند. رویکرد جذب آمین در سطح صنعتی به طور گسترده‌ای مورد پذیرش قرار گرفته است، اما با مشکلاتی نظیر خوردگی شدید، ناپایداری حلال و سمیت ذاتی مواجه است. در مقابل، روش حلقه کلسیم گزینه‌ای غیرسمی و مقرون به صرفه برای جذب کربن دی اکسید را ارائه می‌دهد و دارای کاربردهای گسترده‌ای است. به این ترتیب، روش‌های جذب کربن دی اکسید مرتبط با CaL در حال جلب توجه روزافزون هستند و به عنوان گزینه‌ای محبوب برای پیاده‌سازی گسترده در نظر گرفته می‌شوند. استفاده از واکنش‌های کربن‌زدایی و کلسینه‌سازی در فرآیند حلقه کلسیم (CaL) یک مسیر امیدوارکننده برای جذب کربن دی اکسید به شمار می‌رود. معمولا، فرآیند CaL شامل دو راکتور مختلف است.

راکتور کربن‌زدایی و راکتور کلسینه‌سازی. در فرآیند عملیاتی، راکتور کربن‌زدایی به عنوان نقطه ورود گازهای خروجی از فرایندهای شیمیاییو غنی شده با کربن دی اکسید عمل می‌کند که معمولاً غلظت کربن دی اکسید آن در محدوده ۱۰ تا ۱۵ درصد قرار دارد. در این راکتور، CaOبا CO2در دماهای ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس واکنش می‌دهد و منجر به تشکیل CaCO3و تخلیه گاز دود خروجی با غلظت پایین کربن دی اکسید می‌گردد. به‌طوری که این فرایند کارایی جذب کربن دی اکسید بیش از ۸۰ درصد را نشان می‌دهد. سپس، CaCO3 تولید شده در راکتور کلسینه‌سازی در دماهای ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه سلسیوس به CaO تجزیه می‌شود. فرآیند حلقه کلسیم مزایای فراوانی از جمله دسترسی به منابع غنی، هزینه‌های عملیاتی پایین و ظرفیت جذب بالای نظری CO2 را ارائه می‌دهد. شکل ۱، شماتیک نحوه کارکرد فرایند CaL را نشان می دهد.



شکل۱ فرایند جذب کربن دی اکسید با تکنولوژی CaL

همچنین علاوه بر فرایند حلقه کلسیم، بکارگیری حلقه‌ی شیمیایی احتراق ، رویکرد مؤثری برای استخراج و جذب دی‌اکسید کربن است. در سال ۱۹۸۷، ایشیدا و همکاران برای نخستین بار مفهوم « حلقه‌ی شیمیایی احتراق » را معرفی کردند. این اصطلاح نتیجه تحقیقاتی بود که آن‌ها یک فرآیند احتراق متمایز انجام دادند که از اکسیدهای فلزی برای جابجایی اجباری اکسیژن بین راکتورهای متصل به هم استفاده می‌کرد. در اصل، این مفهوم به کارگیری یک ماده حامل اکسیژن جامد را شامل می‌شود که به طور انتخابی اکسیژن را از راکتور هوا به راکتور سوخت منتقل می‌کند؛ هدف از این فرآیند، اکسیداسیون کامل سوخت به CO_2 و H_2O در داخل راکتور سوخت است. فلزات کاهش یافته پس از خروج از راکتور سوخت، دوباره وارد راکتور هوا شده و مجددا اکسید می‌شود. اصل پایه‌ی حلقه‌ی شیمیایی احتراق به طور بصری در شکل 2نشان داده میشود که چارچوب عملیاتی اصلی آن را توضیح می‌دهد. با استفاده از یک فرآیند ساده میعان بخار، جزء CO_2 موجود در محصولات می تواند به طور مؤثری از جریان گاز خروجی راکتور سوخت جدا شده و ذخیره شود.



شکل۲ فرایند جذب کربن دی اکسید با تکنولوژی CLC

علاوه بر این، پیاده‌سازی فناوری جذب و ذخیره‌سازی کربن (CCS) به طور مستقیم در بخش حمل و نقل چالش‌های قابل توجهی را به همراه دارد. این بخش به عنوان دومین منبع بزرگ انتشار CO_2 محسوب می‌شود و ۲۳ درصد از کل انتشارهای جهانی را به خود اختصاص می‌دهد. به همین دلیل، نیاز فوری به سوخت‌های جایگزین مانند هیدروژن (H_2) وجود دارد که سطح چگالی انرژی و انعطاف‌پذیری مشابهی با سوخت‌های فسیلی ارائه می‌دهد و در عین حال انتشار CO_2 صفر را به همراه دارد. هیدروژن به طور فزاینده‌ای به عنوان یک جایگزین امیدوارکننده برای ذخیره‌سازی و حمل و نقل انرژی پاک دیده می‌شود، که نه تنها برای بخش حمل و نقل بلکه برای کاربردهایی در تولید برق و صنعت شیمیایی نیز مناسب است.

مطالعه حاضر سیستمی را معرفی می‌کند که برای تولید همزمان توان، گرما و هیدروژن با مزیت بدون انتشار دی‌اکسید کربن طراحی شده است. این سیستم شامل سه زیرسیستم است: حلقه‌ی شیمیایی احتراق ، ریفرمینگ متانول و حلقه‌ی کلسیم. شایان ذکر است که نیازهای حرارتی زیرسیستم حلقه ی کلسیم و سایر زیرسیستم‌ها با حرارتی که از حلقه‌ی شیمیایی احتراق بیوگاز سوز تأمین می‌شود، برآورده می‌گردد.

توصیف سیستم

دیاگرام اارئه شده در شکل ۳، سیستم چندمنظوره و دوستدار محیط‌زیست پیشنهادی را نشان می‌دهد که شامل سه زیرسیستم اصلی است: حلقه ی شیمیایی احتراق ، حلقه‌ی کلسیم و ریفرمینگ متانول. در حلقه‌ی شیمیایی احتراق، بیوگاز به عنوان سوخت عمل می‌کند که پس از فشرده‌سازی به فشار ۱۵ بار از طریق کمپرسور وارد رآکتور سوخت می‌شود. در این رآکتور، سوخت تحت شرایط آدیاباتیک با حامل اکسیژن اکسید شده، واکنش می‌دهد. حامل‌های اکسیژن پس از کاهش در رآکتور سوخت، به رآکتور هوا بازگردانده می‌شوند تا دوباره اکسید شوند و سپس با هوای فشرده خروجی از کمپرسور واکنش دهند. آب، که در ابتدا در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار جوی قرار دارد، پس از عبور از پمپ به فشاری معادل ۱۵ بار می‌رسد. سپس با متانول در میکسر ترکیب می‌شود. مخلوط حاصل به رآکتور ریفرمینگ در فشار ۱۵ بار و دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد منتقل می‌شود.

برای جداسازی دی‌اکسید کربن از گازهای سنتزی در فرآیند ریفرمینگ و رآکتور سوخت، گازهای خروجی از هر دو فرآیند به رآکتور کربناتور که در دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد عمل می‌کند، فرستاده می‌شوند. کلسیم کربنات تولید شده در رآکتور کربناتور سپس به رآکتور کلسینر فرستاده می‌شود تا مجدداً به اکسید کلسیم و دی‌اکسید کربن تبدیل شود. اکسید کلسیم تولید شده به رآکتور کربناتور بازگردانده می‌شود تا حلقه کلسیمی کامل شود. محصولات گازی خروجی از رآکتور کربناتور به توربین گاز برای انبساط هدایت می‌شوند. سپس، بمنظور استخراج هیدروژن با درصد خلوص ۹۹.۹۹٪ از گازهای منبسط شده، این گازها از ممبران هیدروژن عبور داده می‌شوند. گازهای فاقد هیدروژن که از غشاء خارج می‌شوند، به ترتیب از طریق مبدل حرارتی عبور کرده و سپس به فلش تانک منتقل می‌شوند. از آنجا، گازها به رآکتور کربناتور برای پردازش بیشتر بازگردانده می‌شوند.

بحث

در مطالعه حاضر، سیستم چندمنظوره و بدون انتشار دی‌اکسید کربن برای تولید هیدروژن، برق و گرما پیشنهاد و از منظر انرژی و اگزرژی ارزیابی شده است. شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار قدرتمند Aspen Plus انجام شده است. نتایج کلیدی شبیه‌سازی به‌طور خلاصه به شرح زیر است:

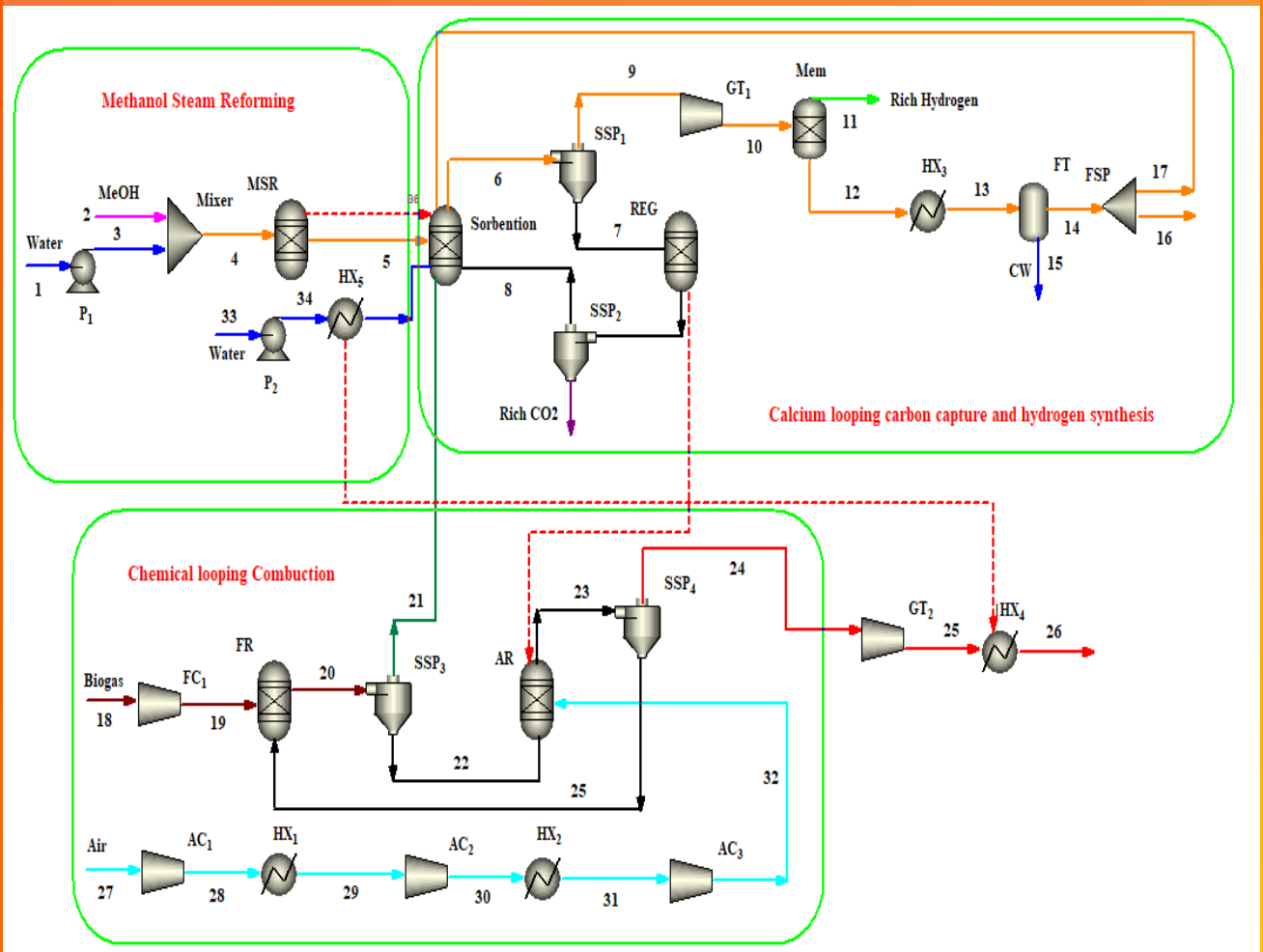
حلقه‌ی شیمیایی احتراق در نسبت حامل اکسیژن به سوخت ۲.۶ به نقطه بهینه عملیاتی خود دست می‌یابد.

این سیستم دارای بازده های انرژی و اگزرژی به ترتیب ٪۷۹ و ٪۵۹ است.

افزایش نسبت بخار به متانول در رآکتور ریفرمینگ به افزایش تولید هیدروژن منجر می‌شود.

افزایش دمای رآکتور امکان حداکثر تولید هیدروژن را فراهم می‌کند.

افزایش نسبت حامل اکسیژن به سوخت باعث میشود که سوخت به‌طور کامل در رآکتور سوخت اکسید می‌شود.



شکل۳ شکل شماتیک سیستم تولید همزمان هیدروژن، توان و گرمایش

غذا در برابر سوخت

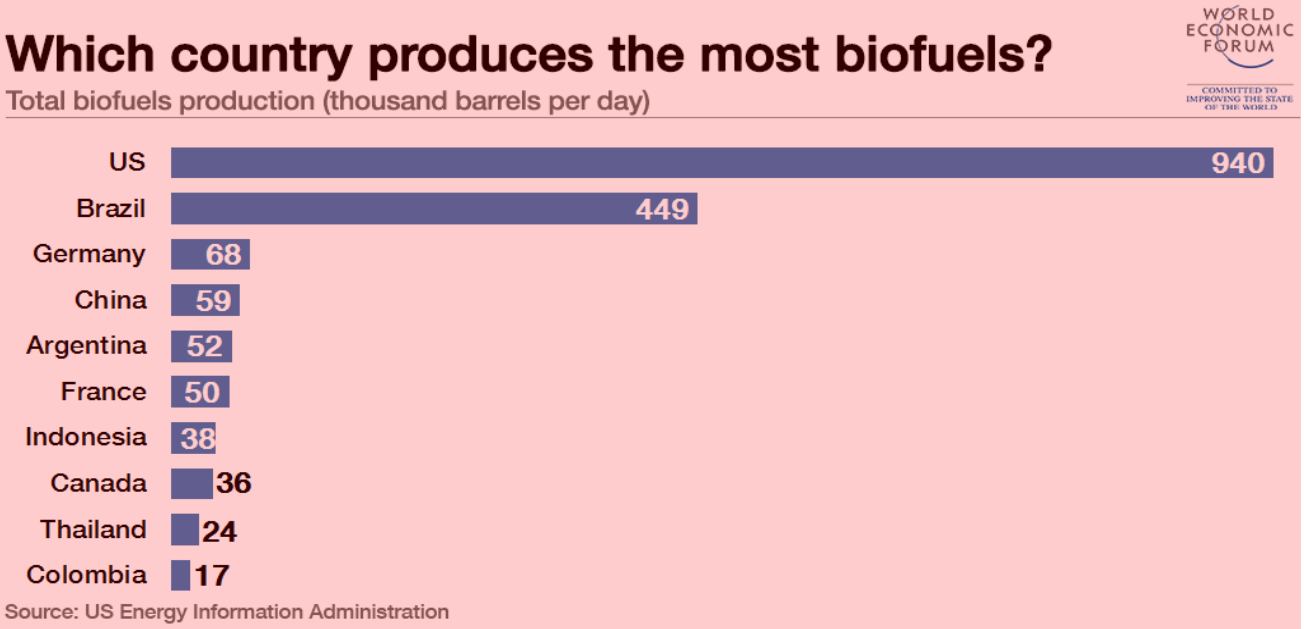




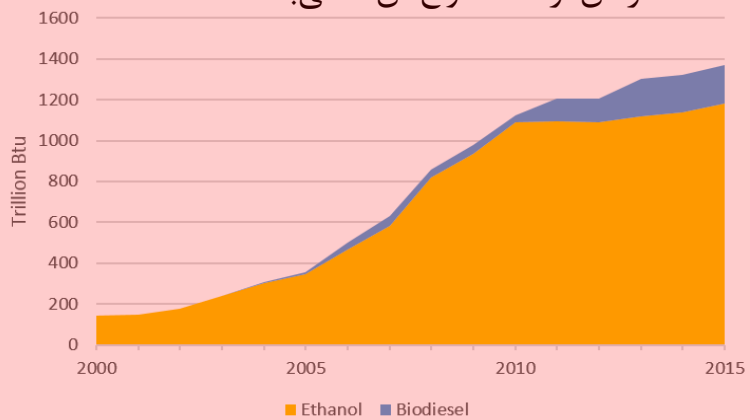
مهندس محمدامین جعفری
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

بهره برداری از زمین جهت کاشت محصولات کشاورزی و یا پرورش حیوانات برای تامین غذای انسان مهم‌ترین استفاده از آن است. افزایش روز افزون جمعیت و سرعت بالای پیشرفت سطح زندگی در قرن ۲۰ ام باعث شد تا نیاز به غذا و محصولات کشاورزی افزایش یافته و بعد از جنگ جهانی دوم طی داده‌های سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۲۱ مطابق داده‌های سازمان ملل غذا و فائو از ۲۱۸۱ کالری در روز به ۲۹۵۹ کالری رسیده که افزایشی ۳۵ درصدی را نشان می‌دهد. این افزایش تولید در زمینه روغن‌ها، شیرین کننده‌ها، خوراک دام و شیرین کننده‌ها شدیدتر از سایر محصولات کشاورزی بوده است. میزان نیاز به انرژی و سوخت در دوره ذکر شده با توجه به افزایش جمعیت و پیشرفت‌های ایجاد شده بخصوص بعد از جنگ جهانی دوم به شدت افزایش یافت که با بهره برداری گسترده از منابع فسیلی به خصوص نفت همراه شد. در دهه ۷۰ میلادی بحران نفتی اتفاق افتاد و قیمت نفت چندین برابر و وابستگی به انرژی و به خصوص سوخت تبدیل به پاشنه آشیل جوامعی همچون آمریکا در آن سال‌ها شد. در واقع طی دهه ۶۰ میلادی و طی دوران بازسازی پس از جنگ جهانی دوم و رشد صنایع و تغییر سبک زندگی به مصرف گرایی سبب شده بود مصرف سوخت به شدت افزایش پیدا کرده و با افزایش قیمت در دهه ۷۰ بحران‌های شدید اقتصادی به خصوص در زمینه سوخت ایجاد شود. این دوره را می‌توان بستر مهم ترین اتفاقات در گرایش به سوی انرژی‌های تجدید پذیر و سوخت‌های زیستی به شمار آورد چرا که امنیت انرژی و عدم وابستگی را برآورده کرده و از ایجاد بحران‌ها در آینده جلوگیری می‌کرد.

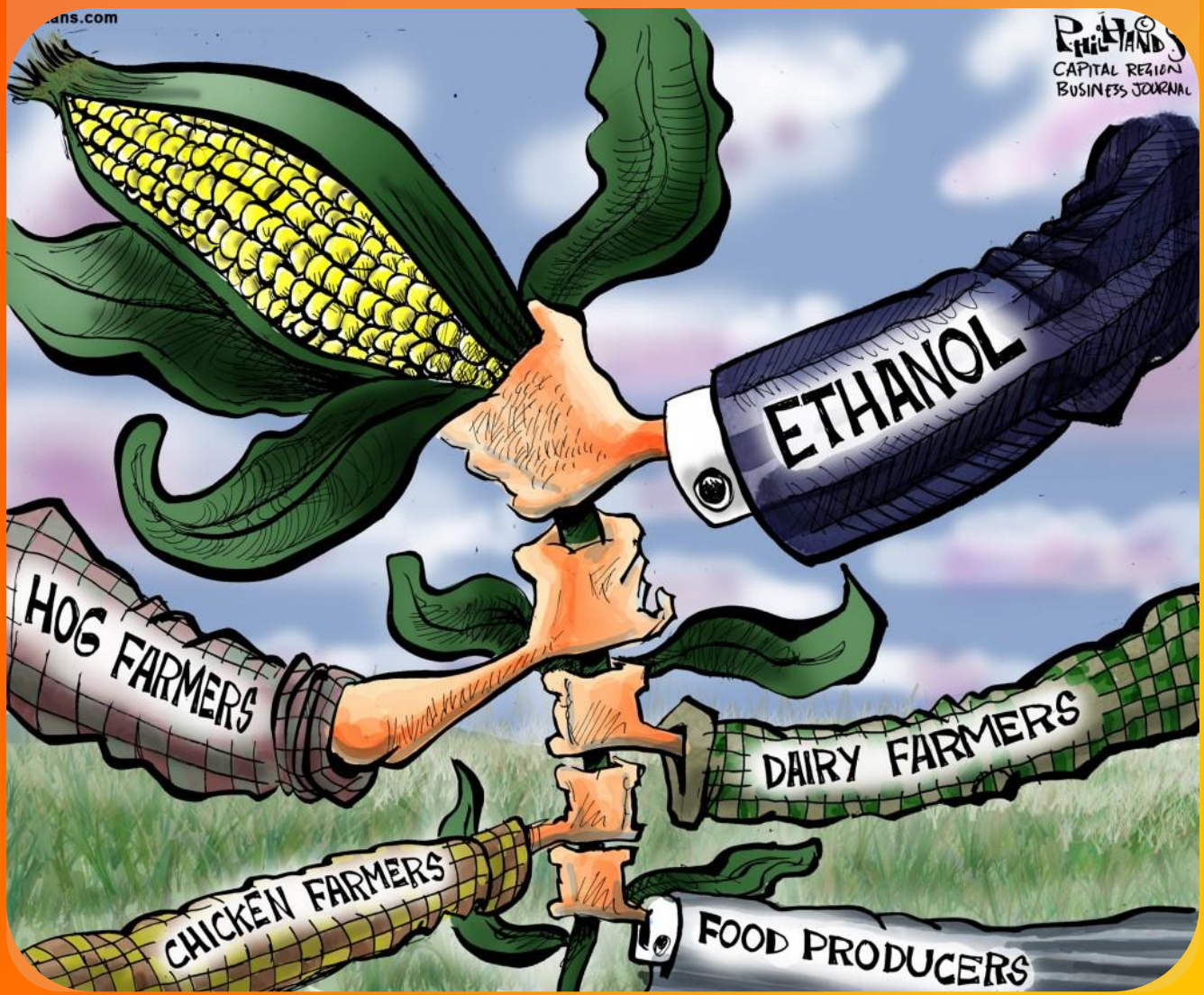
یکی از محورهایی که برای جایگزینی سوخت به شدت مورد استقبال قرار گرفت، استفاده از سوخت‌های زیستی به ویژه بیو اتانول و بیودیزل بود که بسیار پاکیزه‌تر از انواع سوخت‌های فسیلی بوده، کربن کمتری آزاد کرده، و قابلیت استفاده ترکیبی با سوخت‌های تجاری مرسوم را دارد. بیواتانول بیش از ۸۰ درصد از سهم سوخت‌های زیستی را شامل می‌شود.



بیواتانول و بیو دیزل هر دو از سوخت‌های زیستی نسل اول هستند که از محصولات کشاورزی که اغلب به عنوان غذای انسان یا خوراک دام شناخته می‌شوند به دست می‌آیند. برای بیو اتانول به طور عمده از ذرت و نیشکر استفاده می‌شود و نشاسته و شکر موجود در آن‌ها طی فرآیند تخمیر بیواتانول تولید می‌کند. در بیودیزل نیز دانه‌های روغنی همچون سویا، پالم و کانولا مورد استفاده قرار می‌گیرند. نکته حائز اهمیت آن است که تنها نسل اول زیست سوخت‌ها پتانسیل تامین درصد بالایی از سوخت را به تنهایی دارند و در نسل‌های دوم تا چهارم تاکید بر استفاده همزمان از همه انواع آن‌ها می‌باشد.



سوخت‌های نسل اول به دلیل توسعه‌یافتگی فرآیندهای تولید، وجود تاسیسات فرآوری و روندهای شناخته شده مهمتر از سایر سوخت‌های نسل دوم تا چهارم اند چرا که بقیه راه درازی در پیش دارند. مسئله غذا در برابر سوخت مهم‌ترین محرک توسعه سوخت‌های نسل دوم بوده و در نسل دوم از محصولات زراعی غیر خوراکی، گیاهان با سرعت رشد بالا، زباله‌های شـهری، روغـن‌های خوراکی استفاده شده و محصولات جنبی نظیر کاه بهره گرفته می‌شود، این فرآیند اغلب شامل تبدیل مواد فیبردار غیر خوراکی یا همان مواد سلولزی به سوخت است. در حال حاضر کمتر از ۴ درصد از سوخت‌های زیستی نسل دوم می‌باشند و اولین تولید کننده تجاری بیواتانول از سال ۲۰۲۲ با ظرفیت تولید سالانه ۵۰ هزار تن در رومانی آغاز به کار کرده است.



بایر و با کیفیت پایین‌تر که اکنون در حال استفاده نیستند پاسخ مناسبی خواهد بود اما به لحاظ عملی زیر کشت بردن زمین‌های بایر جز با بهبود وضعیت آن‌ها امکانپذیر نبوده و این فرآیند خود نیازمند صرف وقت، انرژی و منابع می‌باشد و مهم‌تر از آن اگر چه در رقابت با منابع تولید غذا قرار نمی‌گیرد اما نظریه توسعه پایدار را در خصوص سوخت‌های زیستی در زمینه قیمت و همچنین تولید گازهای گلخانه ای می‌تواند تحت الشعاع قرار دهد.

مسئله دیگر بحث تولید کربن و گازهای گلخانه ای در تولید انرژی می‌باشد. اگر چه بیواتانول تولید کربن را نسبت به سوخت‌های فسیلی در حالت خالص به حداقل می‌رساند اما نسبت به سایر منابع تجدیدپذیر کربن دی اکسید بیشتری تولید کرده و مهم‌تر از آن در بررسی‌های چرخه حیات دنبال کردن رد کربن و گازهای گلخانه‌ای بسیار سخت‌تر است. بررسی ایجاد زمین‌های کشاورزی جدید، تغییر در رویه‌ها، شیوه پالایش و فرآوری محصولات و در نهایت ارزش حرارتی سوخت نهایی و اندازه‌گیری انتشارات آن بسیار مستعد ایجاد خطا در محاسبات بوده و عملاً مقدار دقیقی به دست نمی‌دهد.

البته باید توجه شود که نیاز به سوخت مایع در جهان را نمی‌توان از سایر منابع انرژی تامین نمود چرا که در حال حاضر تنها ۲۴ میلیون خودروی الکتریکی در جهان وجود دارد که بسیار کمتر از ۱.۵ میلیارد خودروی نیازمند انواع سوخت‌ها به خصوص سوخت مایع است بنابراین نمی‌توان فرض کرد ممکن باشد به سادگی سوخت‌های زیستی را با سایر انواع انرژی جایگزین نمود.

آشنایی با ربات‌های دوپا



فرزین امین زاده قوی فکر
کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک



مقدمه

ربات‌های دوپا به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین انواع ربات‌ها، به دلیل قابلیت حرکت مشابه با انسان در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. این ربات‌ها نه تنها به عنوان ابزارهای صنعتی، بلکه به عنوان همکاران اجتماعی و درمانی نیز در حال توسعه هستند. ربات‌های دوپا، با استفاده از دو پا حرکت می‌کنند و قادرند حرکات پیچیده‌ای مانند راه رفتن، دویدن و بالا رفتن از پله‌ها را انجام دهند. این قابلیت‌ها آن‌ها را برای کاربردهای گسترده‌ای از جمله جستجو و نجات، مراقبت‌های پزشکی و تحقیقات علمی مناسب می‌سازد.

تاریخچه ربات‌های دوپا

پیشینه ربات‌های دوپا (Biped Robots) به چندین دهه پیش برمی‌گردد و شامل مراحل مختلفی از توسعه و نوآوری است. در ادامه، مهم‌ترین مراحل تاریخی و پیشرفت‌های این حوزه را بررسی می‌کنیم.

دهه ۱۹۵۰: اولین ربات‌های دوپا به‌طور ابتدایی طراحی شدند. این ربات‌ها بیشتر به شبیه‌سازی حرکات انسان و حیوانات می‌پرداختند، اما فاقد حسگرهای لازم برای تعامل با محیط بودند. این دوره به عنوان آغازین‌ترین مرحله در توسعه ربات‌های دوپا شناخته می‌شود.

دهه ۱۹۷۰-۱۹۶۰: در این دهه، تحقیقات بیشتری بر روی دینامیک و کنترل حرکت ربات‌ها انجام شد. با ظهور تکنیک‌های جدید در کنترل و شبیه‌سازی، ربات‌ها توانستند حرکات پیچیده‌تری را انجام دهند.

دهه ۱۹۸۰: پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه سنسورها و فناوری‌های کنترل رخ داد. این دوره شاهد توسعه ربات‌هایی بود که می‌توانستند با استفاده از حسگرها تعادل خود را حفظ کنند و حرکات خود را بهبود بخشند.

دهه ۱۹۹۰: با پیشرفت در الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، ربات‌های دوپا به توانایی‌های بیشتری دست یافتند. این دوره همچنین شاهد طراحی ربات‌هایی بود که می‌توانستند در محیط‌های واقعی حرکت کنند.

دهه ۲۰۰۰ تا کنون: تحقیقات در زمینه ربات‌های دوپا به شدت گسترش یافته است. امروزه، ربات‌هایی مانند Atlas و Cassie که شبیه انسان و پرنده هستند، به عنوان نمونه‌هایی از پیشرفت‌های اخیر در این حوزه شناخته می‌شوند. این ربات‌ها از اصول حرکتی انسان و پرندگان الهام گرفته‌اند و توانایی انجام حرکات پیچیده را دارند.

چالش‌های اصلی ربات‌های دوپا

با توجه به پیشرفت‌های گسترده‌ای که در حوزه ربات‌های دوپا در طی سال‌ها گذشته صورت گرفته اما همچنان فعالان در این حوزه با چالش‌ها و مشکلات متنوعی مواجه هستند. در ادامه به چند مورد از مهم‌ترین چالش‌ها در این حوزه می‌پردازیم.

حفظ تعادل

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در طراحی ربات‌های دوپا، حفظ تعادل در حین حرکت است. این ربات‌ها باید بتوانند به‌طور مداوم موقعیت مرکز جرم خود را تنظیم کنند تا از افتادن جلوگیری کنند. برای این منظور، استفاده از الگوریتم‌های کنترل پیشرفته و حسگرهای دقیق بسیار ضروری است.

حرکت در سطوح ناهموار

ربات‌های دوپا باید قادر باشند بر روی سطوح مختلف، از جمله سطوح شیب‌دار و ناهموار حرکت کنند. طراحی الگوریتم‌هایی که بتوانند حرکات را به‌طور دینامیک و با توجه به تغییرات محیطی تنظیم کنند، یکی از چالش‌های اصلی است.

کنترل دینامیک

کنترل حرکات دینامیک، به ویژه در هنگام انجام فعالیت‌های سریع مانند دویدن یا پرش، نیازمند دقت بالا و توانایی پیش‌بینی رفتار ربات است. این امر مستلزم استفاده از مـدل‌های پیچیده و الگوریتم‌های پیشرفته است.

مصرف انرژی

ربات‌های دوپا معمولاً مصرف انرژی بالایی دارند. بهینه‌سازی مصرف انرژی در حین حرکت یکی از چالش‌های مهم است که نیازمند طراحی سیستم‌های کنترلی کارآمد و بهینه‌سازی مسیر حرکتی است.

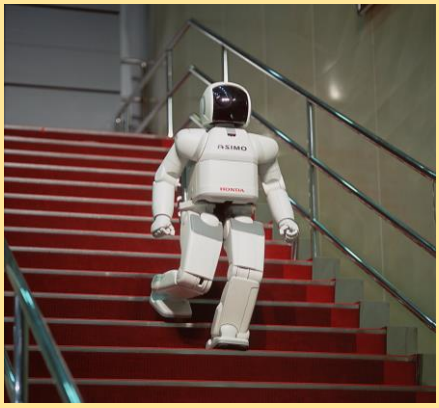
پیچیدگی در برنامه‌ریزی مسیر

ایجاد مسیرهای حرکتی مناسب برای ربات‌ها که همزمان با حفظ تعادل و کاهش مصرف انرژی باشد، یک چالش اساسی است. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای بهبود برنامه‌ریزی مسیر می‌تواند به حل این مشکل کمک کند.

محدودیت‌های فیزیکی

هر ربات دارای محدودیت‌هایی در زمینه قدرت محرک‌ها و دامنه حرکتی مفاصل است. این محدودیت‌ها می‌توانند بر روی عملکرد ربات تأثیر بگذارند و نیازمند طراحی دقیق سیستم‌های کنترلی هستند که بتوانند این محدودیت‌ها را مدیریت کنند





ربات دوپا Asimo

کاربردهای ربات‌های دوپا

ربات‌های دوپا (Biped Robots) به دلیل قابلیت‌های حرکتی مشابه انسان، در زمینه‌های مختلفی کاربرد دارند. در ادامه به بررسی مهم‌ترین کاربردهای این ربات‌ها می‌پردازیم.

جستجو و نجات: ربات‌های دوپا می‌توانند در عملیات جستجو و نجات در مناطق آسیب‌دیده، مانند زلزله یا بلایای طبیعی، به کار گرفته شوند. این ربات‌ها قادر به حرکت در محیط‌های ناهموار و عبور از موانع هستند که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به مناطق خطرناک دسترسی پیدا کنند و اطلاعات لازم را جمع‌آوری کنند.

مراقبت‌های پزشکی و توانبخشی: این ربات‌ها می‌توانند در بیمارستان‌ها و مراکز توانبخشی برای کمک به بیماران و سالمندان استفاده شوند. به عنوان مثال، ربات‌های دوپا می‌توانند در فرآیند توانبخشی حرکتی به بیماران کمک کنند و با شبیه‌سازی حرکات طبیعی، آن‌ها را در بازگشت به فعالیت‌های روزمره یاری دهند.

تحقیقات علمی: ربات‌های دوپا به عنوان مدل‌هایی برای مطالعه حرکات انسانی و دینامیک بدن انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ربات‌ها می‌توانند به محققان کمک کنند تا بهتر بفهمند چگونه انسان‌ها حرکت می‌کنند و چه مکانیزم‌هایی در پس این حرکات وجود دارد.

سرگرمی و آموزش: ربات‌های دوپا می‌توانند در زمینه سرگرمی و آموزش نیز کاربرد داشته باشند. برای مثال، این ربات‌ها می‌توانند در نمایشگاه‌ها یا مراکز آموزشی به عنوان ابزارهای آموزشی برای معرفی مفاهیم رباتیک و مهندسی استفاده شوند.

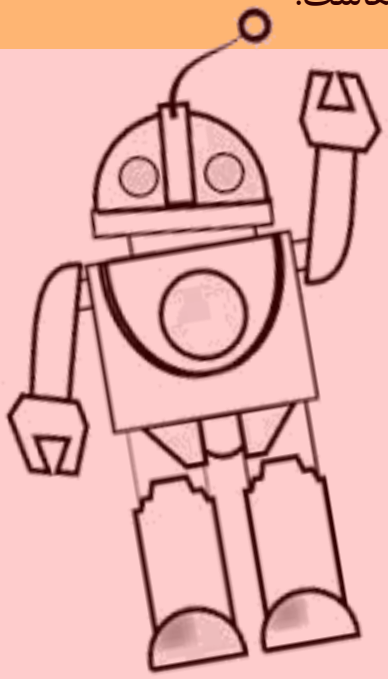
رباتیک اجتماعی: با پیشرفت فناوری، ربات‌های دوپا به سمت کاربردهای اجتماعی نیز حرکت کرده‌اند. این ربات‌ها می‌توانند در تعامل با انسان‌ها در محیط‌های اجتماعی مانند خانه‌ها یا مراکز عمومی عمل کنند. آن‌ها می‌توانند نقش‌هایی مانند پرستار کودک یا مراقب سالمندان را ایفا کنند.

صنایع و تولید: اگرچه بیشتر ربات‌ها در صنعت معمولاً دارای چهار پا هستند، اما برخی از ربات‌های دوپا نیز برای انجام وظایف خاص مانند حمل بار یا انجام کارهای تکراری طراحی شده‌اند.

در کل ربات‌های دوپا با قابلیت‌های حرکتی پیشرفته خود، پتانسیل بالایی برای کاربردهای مختلف دارند. از جستجو و نجات گرفته تا مراقبت‌های پزشکی و سرگرمی، این ربات‌ها می‌توانند نقش مهمی در آینده فناوری ایفا کنند. با ادامه تحقیقات و توسعه فناوری، انتظار می‌رود که کاربردهای این ربات‌ها همچنان گسترش یابد.

جمع بندی

بدون شک در آینده نچندان دور ربات‌های دوپا با قابلیت‌های حرکتی پیشرفته و کاربردهای گسترده که دارند به یکی از ابزارهای کلیدی در دنیا تبدیل خواهند شد. با وجود چالش‌هایی مانند حفظ تعادل و مصرف انرژی، پیشرفت‌های اخیر در زمینه کنترل و الگوریتم‌های یادگیری ماشین نویدبخش آینده‌ای روشن برای این نوع ربات‌هاست.



BAMBOO



فراخوان ارسال مقاله برای شماره سوم نشریه علمی دانشجویی

بسامد

محورهای فصل‌نامه

خبرهای درون دانشگاهی و صنفی، تازه‌های علمی و صنعتی

مقالات علمی - پژوهشی چاپ شده در ژورنال‌های معتبر داخلی و خارجی، مقالات کنفرانسی و مقالات مروری

مطالب متنوع - آموزشی در حوزه های تبدیل انرژی، مکانیک جامدات، دینامیک و ارتعاشات، مهندسی کنترل، مکاترونیک، هوافضا، خودرو، انرژی‌های نو، ساخت و تولید، مکانیک مواد، مهندسی هسته‌ای، بیو مکانیک و نانو مکانیک

معرفی کاربردی کتاب‌های تخصصی و مراجع درسی، زمینه‌های کاری یا گرایش‌های تحصیلی در حوزهٔ مکانیک

زندگینامه دانشمندان جهانی در عرصهٔ مهندسی مکانیک یا معرفی شخصیت‌های ایرانی برجسته بین‌المللی

معرفی کاربردی یا آموزش نرم‌افزارهای مهندسی مکانیک

معرفی کمپانی‌های نرم‌افزاری یا کارخانه‌های مطرح تولیدی در دنیا

مصاحبه با کارآفرین‌های برجسته صنایع با محوریّت ارتباط دانشگاه با صنعت

مصاحبه با اساتید، فارغ‌التحصیلان سابق و موفق مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز

تاریخچه مهندسی مکانیک و مراحل پیشرفت و توسعه آن در زمان‌های گذشته

جهت ارسال آثار و کسب اطلاعات بیشتر با آیدی زیر در پیام رسان تلگرام در ارتباط باشید.

@basamadadmin



SAVE THE LAKE



@RenewableEnergy_Tbz
@basamad.mag