بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی برق قدرت

عنوان :

طراحی کنترل‌کننده مقاوم
در سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد (SOFC) و توربین گاز

استاد راهنما :

دکتر سید عباس طاهر

به وسیله :

سیامک منصوری

تیرماه ۱۳۹۱

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پیوست:

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: سیامک منصوری شماره دانشجویی: ۸۷۳۳۱۱۰۰۰۵

رشته : مهندسی برق -قدرت دانشکده : مهندسی

عنوان پایان نامه : طراحی کنترل کننده مقاوم در سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد(SOFC) و توربین گاز

تعداد واحد پایان نامه : ۹ واحد **تاریخ دفاع : ۹۱/۶/ ۲۴**

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۱/۶/۲۴ مورد تأیید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۱۸/۱۲ و درجه عالی به تصویب رسید .

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر سید عباس طاهر	دانشیار	
۲.متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر ابوالفضل حلوایی	استادیار	
۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر مریم السادات اخوان حجازی	استادیار	
٤. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر حسین ایمانیان	استادیار	

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

آدرس: کاشان- بلوار قطب راوندی
کدپستی ۸۷۳۱۷-۵۱۱۶۷
تلفن ۵۵۵۹۱۳۰-دورنگار ۵۵۵۹۱۳۰
http: www.kashanu.ac.ir

تقدیم به :

پدر مهربانم

و

مادر صبور و فداکارم

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود.

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضایل اخلاقی یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد گرامی و ارزشمندم، جناب آقای **دکتر سید عباس طاهر** که راهنمایی اینجانب را در انجام پژوهش و نگارش این پایان‌نامه تقبل فرمودند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین، از تشریک مساعی جناب آقای **دکتر ابوالفضل حلوایی** و خانم **دکتر مریم السادات اخوان حجازی** به عنوان اساتید داور داخل دانشگاه که این پایان‌نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه اینجانب شرکت فرمودند، تشکر می‌نمایم.

در پایان نیز، از جناب آقای **دکتر حسین ایمانیان** که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاعیه اینجانب شرکت فرمودند، سپاسگزاری می‌نمایم.

چکیده

نگرانی‌های زیست محیطی، تقاضای روز افزون جهت تولید بیشتر توان الکتریکی و همچنین محدودیت‌های موجود در سیستم‌های قدرت اعم از نصب خطوط انتقال جدید جهت انتقال توان به مصرف‌کننده‌های در فواصل طولانی و نیز مسائلی که بدنبال موضوع تجدیدساختار در سیستم‌های قدرت پیش آمد، موجب گردید تا استقبالی چشمگیر از بحث تولید پراکنده صورت پذیرد. این تمایل، مخصوصاً متوجه منابع تولید پراکنده با انرژی جایگزین و انتشار کم گازهای آلاینده همچون پیل سوختی و توربین‌های گاز می‌باشد. از میان پیل‌های سوختی، پیل سوختی اکسید جامد بدلیل دمای کاری بالا و نیز دمای بالای گازهای خروجی از اگزوز، گزینه مناسبی جهت هیبرید نمودن با توربین‌های گاز محسوب می‌گردد. این سیستم هیبرید، ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌های فیزیکی حاکم بر سیستم، می‌بایست توان مورد تقاضا را نیز برآورده نماید. از اینرو، موضوع کنترل این سیستم حائز اهمیت می‌باشد.

در این پایان‌نامه، سه کنترل‌کننده برای سیستم تحت مطالعه مورد استفاده قرار گرفته که با بهره‌گیری از کنترل‌کنندهٔ PID، دو تا از این کنترل‌کننده‌ها از نوع P بوده و جهت کنترل ضریب مصرف سوخت و نیز کنترل نسبت سوخت به هوای ورودی پیل سوختی اکسید جامد مورد استفاده قرار گرفته و کنترل‌کنندهٔ دیگر، از نوع PI می‌باشد و به منظور کنترل توان اکتیو پیل سوختی اکسید جامد به کار گرفته شده است. بر اساس مدلی معتبر برای پیل سوختی اکسید جامد، سیستم هیبرید با توربین گازی که بصورت یک مدل ریاضی مدل گردیده است، بدست می‌آید. در این سیستم، پیل سوختی اکسید جامد از طریق یک اینورتر و ترانسفورماتور افزاینده به شبکهٔ بی‌نهایت متصل می‌باشد. ژنراتور سنکرونی که به توربین گاز کوپل گردیده است، توان اضافی تولید نموده و به شبکهٔ بی‌نهایت تحویل می‌دهد. جهت بدست آوردن ضرایب بهینهٔ کنترل‌کنندهٔ PI مقاوم از الگوریتم بهینه‌سازی DE و بر مبنای شاخص عملکرد زمان- قدر مطلق خطا (ITAE) بهره گرفته شده است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان دهندهٔ عملکرد مقاوم و بهینهٔ کنترل‌کننده‌ها با توجه به تغییرات نقاط کار، پارامترها و نیز وقوع خطای اتصال کوتاه سه‌فاز می‌باشد.

کلمات کلیدی:

پیل سوختی اکسید جامد، توربین گاز، سیستم هیبرید، کنترل‌کنندهٔ تناسبی‌انتگرالی مقاوم، الگوریتم بهینه‌سازی تفاضل تکاملی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- چالش‌ها و وضعیت موجود ۱
۱-۳- شرح وظایف واحدهای بخش انرژی ۴
۱-۴- تولید پراکنده ۵
۱-۴-۱- انواع تولید پراکنده ۶
۱-۵- نقش پیل‌های سوختی و هیبریدهای آن ۷
۱-۶- ساختار پایان‌نامه ۸

فصل دوم: اصول کار پیل سوختی و انواع آن

۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- انرژی شیمیایی و گرمایی یک عنصر ۱۱
۲-۳- اصول ترمودینامیک (قانون اول و دوم ترمودینامیک) ۱۱
۲-۴- اصول فرآیندهای الکتروشیمی ۱۵
۲-۵- موازنه انرژی در واکنش‌های شیمیایی ۱۶
۲-۶- معادله نرنست ۱۷
۲-۷- مفاهیم بنیادین پیل‌های سوختی ۱۹
۲-۸- دسته‌بندی پیل‌های سوختی ۲۰
۲-۹- مدار معادل پیل سوختی ۲۳
۲-۱۰- انواع پیل‌های سوختی و مقایسه آن‌ها ۲۴
۲-۱۰-۱- پیل سوختی قلیایی AFC ۲۵
۲-۱۰-۲- پیل سوختی اسید فسفریک PAFC ۲۵
۲-۱۰-۳- پیل سوختی کربنات مذاب MCFC ۲۶
۲-۱۰-۴- پیل سوختی اکسید جامد SOFC ۲۷

۲-۱۰-۵- پیل سوختی پلیمری PEMFC ۲۷
۲-۱۰-۶- پیل سوختی اسید فرمیک DFAFC ۳۰
۲-۱۰-۷- پیل سوختی متانولی فرآوری‌شده RMFC ۳۱
۲-۱۰-۸- پیل سوختی میکروبی MFC ۳۱
۲-۱۱- کاربردهای پیل سوختی و معیارهای لازم ۳۲
۲-۱۱-۱- معیارهای انتخاب پیل سوختی در کاربردهای مختلف ۳۲
۲-۱۱-۲- کاربردهای مختلف پیل سوختی ۳۴
۲-۱۲- هزینه پیل سوختی ۳۸

فصل سوم: سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد و توربین گاز و مدلسازی اجزای آن

۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۲- سیستم‌های هیبرید پیل سوختی ۴۰
۳-۲-۱- مفاهیم سیستم‌های هیبرید پیل سوختی و توربین گاز ۴۳
۳-۳- مدلسازی دینامیکی پیل سوختی اکسید جامد SOFC ۴۹
۳-۳-۱- معادلات حاکم بر دینامیک پیل سوختی اکسید جامد ۴۹
۳-۳-۲- محاسبه ولتاژ تولیدی پیل سوختی ۵۶
۳-۴- مدل دینامیکی سیستم فرآورش سوخت ۵۷
۳-۵- مدل ریاضی توربین گاز ۵۸
۳-۶- مدل دینامیکی ژنراتور سنکرون ۶۰
۳-۶-۱- معادلات ولتاژ ژنراتور سنکرون ۶۰
۳-۶-۲- معادله نوسان توان ۶۲

فصل چهارم: طراحی کنترل‌کننده‌های مقاوم سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد و توربین گاز

۴-۱- مقدمه ۶۳
۴-۲- کنترل‌کننده PID ۶۴
۴-۳- معرفی کنترل‌کننده‌های موجود در سیستم تحت مطالعه ۶۵
۴-۳-۱- کنترل‌کننده ضریب مصرف سوخت ۶۵

۴-۳-۲- کنترل‌کننده نسبت سوخت به هوای ورودی پیل سوختی ۶۷
۴-۳-۳- کنترل‌کننده توان اکتیو نیروگاه پیل سوختی اکسید جامد ۶۸
۴-۴- استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی DE جهت تنظیم بهینه پارامترهای PI ۶۹

فصل پنجم: بررسی نتایج شبیه‌سازی

۵-۱- مقدمه ۷۶
۵-۲- سیستم تحت مطالعه ۷۶
۵-۳- بررسی نتایج شبیه‌سازی عملکرد نیروگاه پیل سوختی به صورت مجزا ۷۹
۵-۳-۱- بررسی شرایط راه‌اندازی نیروگاه پیل سوختی با اعمال بار نامی ۸۰
۵-۳-۲- بررسی شرایط راه اندازی نیروگاه پیل سوختی با اعمال ۵۰٪ بار نامی ۸۶
۵-۳-۳- تغییر بار نیروگاه پیل سوختی ۸۹
۵-۳-۴- بررسی اتصال کوتاه سه‌فاز نیروگاه پیل سوختی ۹۴
۵-۳-۵- بررسی تغییر برخی از پارامترهای پیل سوختی تحت بار نامی به علت وجود عدم قطعیت ۹۵
۵-۴- بررسی نتایج شبیه‌سازی عملکرد سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد و توربین گاز ۹۸
۵-۴-۱- بررسی افزایش بار سیستم هیبرید ۹۸
۵-۴-۲- بررسی کاهش بار سیستم هیبرید ۱۰۱

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۴
۶-۲- پیشنهادها ۱۰۵

منابع ۱۰۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱): بازده الکتریکی چند نمونهٔ پیل سوختی..... ۳۵
جدول (۵-۱): مقادیر پارامترهای توربین گاز و ژنراتور سنکرون..... ۷۷
جدول (۵-۲): مقادیر پارامترهای مجموعهٔ پیل سوختی اکسید جامد..... ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱): روند مصرف انرژی اولیه در دنیا ۲
شکل (۱-۲): روند افزایش دمای هوای کره زمین و میزان غلظت گاز دی‌اکسیدکربن ۳
شکل (۲-۱): ورودی و خروجی‌های پیل سوختی ۱۰
شکل (۲-۲): مفهوم قانون اول ترمودینامیک (ثابت ماندن انرژی یک سیستم) ۱۲
شکل (۲-۳): بلوک دیاگرام یک سیستم گرمایی ایده‌آل ۱۳
شکل (۲-۴): نمودار دما برحسب آنتروپی سیکل کارنو ۱۴
شکل (۲-۵): نتیجهٔ قانون دوم ترمودینامیک ۱۵
شکل (۲-۶): عملکرد اساسی پیل سوختی ۱۹
شکل (۲-۷): نمودار شماتیکی یک پیل سوختی اکسید جامد ۲۲
شکل (۲-۸): مدار معادل پیل سوختی ۲۴
شکل (۲-۹): نمودار روندکاهشی هزینه ساخت پیل سوختی ۳۸
شکل (۳-۱): روند افزایش بازده سیستم پیل سوختی در هیبرید ۴۰
شکل (۳-۲): آرایش اساسی سیستم هیبرید پیل سوختی و توربین گاز ۴۲
شکل (۳-۳): آرایش سیکل اول سیستم هیبرید ۴۴
شکل (۳-۴): آرایش سیکل سوم سیستم هیبرید ۴۵
شکل (۳-۵): آرایش سیکل چهارم سیستم هیبرید ۴۶
شکل (۳-۶): سیستم هیبرید پیل سوختی اکسید جامد نوع استوانه‌ای و توربین گاز شرکت زیمنس ۴۸
شکل (۳-۷): بلوک دیاگرام مدل دینامیکی پیل سوختی اکسید جامد ۵۶
شکل (۳-۸): موقعیت سیستم فرآورش سوخت در مجموعهٔ پیل سوختی ۵۷
شکل (۳-۹): بلوک دیاگرام مدل دینامیکی سیستم فرآورش سوخت ۵۷
شکل (۳-۱۰): توربین گاز ۵۸
شکل (۳-۱۱): مدل ریاضی توربین گاز ۵۹
شکل (۳-۱۲): محورهای ژنراتور سنکرون ۶۱
شکل (۴-۱): بلوک دیاگرام کنترل‌کننده ضریب مصرف سوخت ۶۶

شکل (۴-۲): بلوک دیاگرام کنترل‌کننده نسبت سوخت به هوای ورودی پیل سوختی..... ۶۷
شکل (۴-۳): کنترل‌کننده‌های سوخت ورودی و هوای ورودی..... ۶۸
شکل (۴-۴): بلوک دیاگرام کنترل‌کننده توان اکتیو نیروگاه پیل سوختی..... ۶۹
شکل (۴-۵): مثالی از تابع هزینه دو بعدی و فرآیند تولید $X_i^{'(G)}$ ۷۱
شکل (۴-۶): فلوچارت طرح بهینه‌سازی مورد مطالعه..... ۷۵
شکل (۵-۱): آرایش سیستم هیبرید تحت مطالعه..... ۷۷
شکل (۵-۲): تغییرات توان تولیدی نیروگاه پیل سوختی به ازای اعمال بار نامی..... ۸۱
شکل (۵-۳): تغییرات ولتاژ و جریان نیروگاه پیل سوختی به ازای اعمال بار نامی..... ۸۲
شکل (۵-۴): تغییرات جرم‌های سوخت و هوای ورودی با اعمال بار نامی..... ۸۴
شکل (۵-۵): تغییرات ضریب مصرف سوخت و اختلاف فشار هیدروژن و اکسیژن تحت بار نامی..... ۸۵
شکل (۵-۶): تغییرات توان نیروگاه پیل سوختی تحت ۵۰٪ بار نامی..... ۸۶
شکل (۵-۷): تغییرات جریان و ولتاژ تولیدی نیروگاه پیل سوختی تحت ۵۰٪ بار نامی..... ۸۷
شکل (۵-۸): تغییرات جرم ورودی به آند و کاتد تحت ۵۰٪ بار نامی..... ۸۸
شکل (۵-۹): تغییرات ضریب مصرف سوخت و اختلاف فشار هیدروژن و اکسیژن تحت ۵۰٪ بار نامی..... ۸۹
شکل (۵-۱۰): تغییرات توان نیروگاه پیل سوختی در حالت تغییر بار سبک ۵٪ ۹۰
شکل (۵-۱۱): تغییرات ضریب مصرف سوخت و اختلاف فشار تحت تغییر بار سبک ۵٪ ۹۱
شکل (۵-۱۲): تغییرات توان اکتیو نیروگاه پیل سوختی تحت تغییر بار سنگین ۵۰٪ ۹۲
شکل (۵-۱۳): تغییرات ضریب مصرف سوخت و اختلاف فشار تحت تغییر بار سنگین ۵۰٪ . ۹۳
شکل (۵-۱۴): تغییرات توان اکتیو نیروگاه پیل سوختی تحت تغییر چند پله‌ای ۹۳
شکل (۵-۱۵): تغییرات توان اکتیو نیروگاه پیل سوختی تحت شرایط اتصال کوتاه سه‌فاز ۹۴
شکل (۵-۱۶): تغییرات ولتاژ و جریان نیروگاه پیل سوختی تحت شرایط اتصال کوتاه سه‌فاز ۹۵
شکل(۵-۱۷): تغییرات توان، ولتاژ و جریان نیروگاه پیل سوختی با لحاظ عدم قطعیت 40% + مقاومت اهمی هر پیل ۹۶
شکل (۵-۱۸): تغییرات توان، ولتاژ و جریان نیروگاه پیل سوختی با لحاظ عدم قطعیت 40% – مقاومت اهمی هر پیل ۹۷
شکل (۵-۱۹): تغییرات توان اکتیو تولیدی سیستم هیبرید تحت افزایش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۹۹

شکل (۵-۲۰): تغییرات سهم تولید توان نیروگاه پیل سوختی در سیستم هیبرید تحت افزایش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۹۹
شکل (۵-۲۱): تغییرات سهم تولید توان توربین گاز در سیستم هیبرید تحت افزایش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۱۰۰
شکل (۵-۲۲): تغییرات سرعت توربین گاز نسبت به سرعت مبنا در سیستم هیبرید تحت افزایش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه..... ۱۰۰
شکل (۵-۲۳): تغییرات توان اکتیو تولیدی سیستم هیبرید تحت کاهش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۱۰۱
شکل (۵-۲۴): تغییرات سهم تولید توان نیروگاه پیل سوختی در سیستم هیبرید تحت کاهش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه..... ۱۰۲
شکل (۵-۲۵): تغییرات سهم تولید توان توربین گاز در سیستم هیبرید تحت کاهش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۱۰۲
شکل (۵-۲۶): تغییرات سرعت توربین گاز در سیستم هیبرید تحت کاهش بار سیستم در t=۰/۶ ثانیه ۱۰۳

فصل اول

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

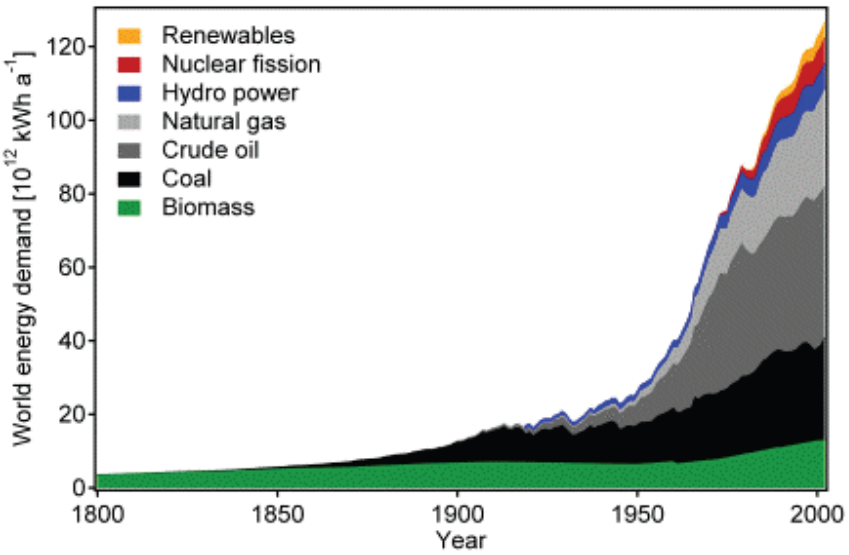
در این بخش نخست مروری کوتاه را بر چالش‌ها و وضعیت موجود در اقتصاد انرژی خواهیم داشت. سپس بدنبال آن در خصوص راهکارهایی که می‌توان جهت غلبه بر چالش‌های موجود به کار گرفت، بحثی را مطرح و فرصت‌ها و نقش پیل سوختی را پررنگ می‌نماید. در ادامه با طرح مسائل و نگرانی‌های مرتبط با مواردی اعم از محیط زیست، تقاضای روز افزون جهت تولید بیشتر توان الکتریکی و همچنین محدودیت‌های موجود در سیستم‌های قدرت اعم از نصب خطوط انتقال جدید جهت انتقال توان به مصرف‌کننده‌های در فواصل طولانی و نیز مسائلی که بدنبال موضوع تجدیدساختار در سیستم‌های قدرت پیش آمد، موضوع را به سمت تولید پراکنده[1] سوق می‌دهیم.

۱-۲-چالش‌ها و وضعیت موجود

در اروپا از زمان شروع انقلاب صنعتی در حدود سال ۱۸۵۰ میلادی، مصرف انرژی و آنهم از نوع انرژی‌های اولیه[2] همچون زغال‌سنگ، نفت خام، باد و غیره، دائماً روند رو به افزایشی را به خود داشته است (شکل ۱-۱). امروزه، اکثر تأمین انرژی مبتنی است بر سوخت‌های فسیلی. نفت از دهۀ ۱۹۶۰ میلادی به عنوان مهم‌ترین منبع انرژی محسوب می‌شده است. در حال حاضر، گاز طبیعی با

[1] Distributed generation
[2] Primary energy

مصرف رو به رشد خود نیز به عنوان یک منبع انرژی به حساب می‌آید و احتمالاً در دهۀ فعلی یا دهۀ بعدی به تدریج جایگاه نفت را اشغال می‌نماید.

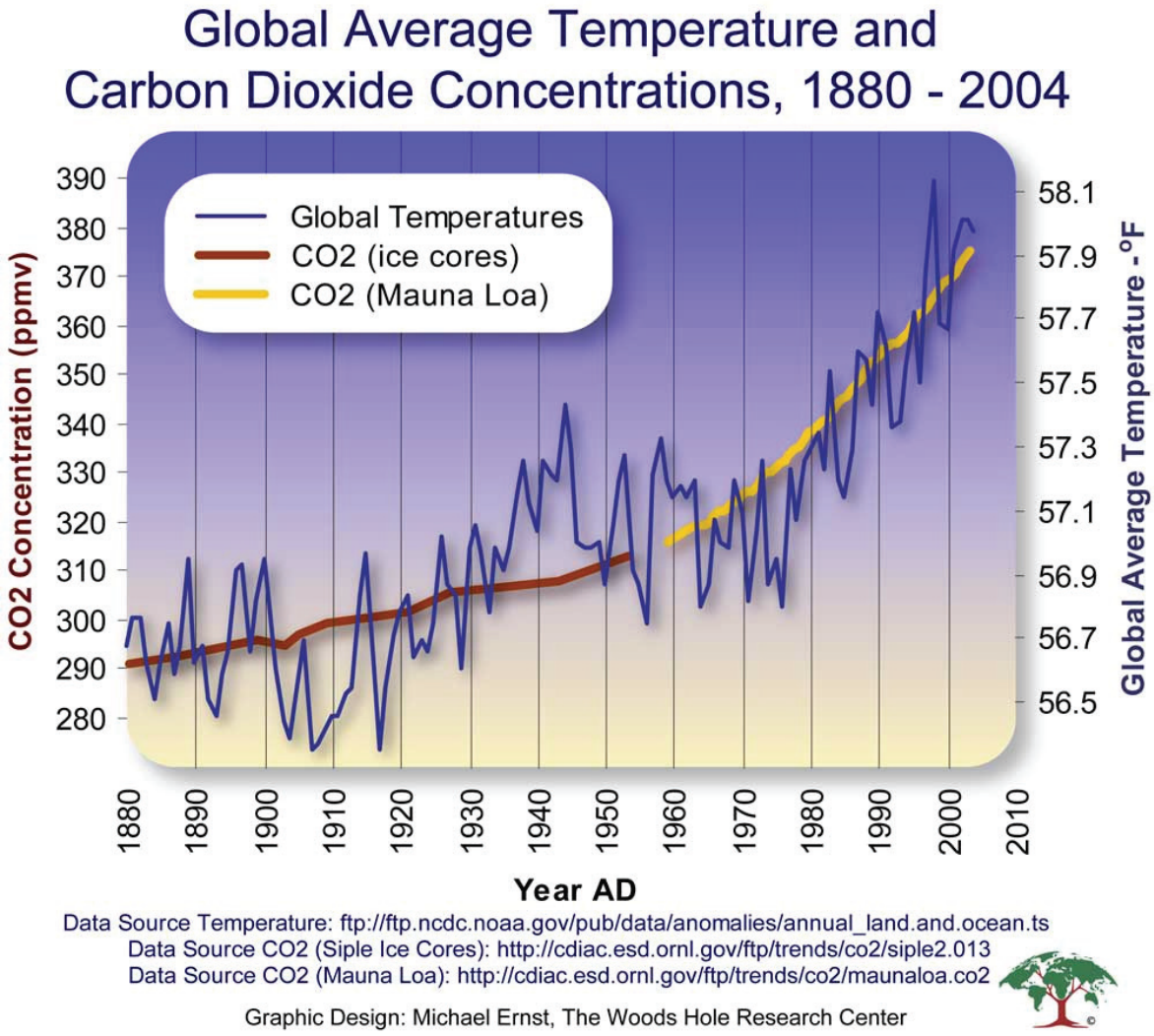


شکل ۱-۱- روند مصرف انرژی اولیه در دنیا

سوخت‌های فسیلی محدود می‌باشند، بدان معنا که روزی فرا خواهد رسید که مصرف آن‌ها کاهش خواهد یافت. این در حالی است که تلاش جهت استخراج بیشتر و بیشتر در حال افزایش بوده و ظاهراً این روند تا استخراج آخرین قطره ادامه داشته باشد [۱]. نتیجه این خواهد شد که منحنی معروف هابرت[1] نشان می‌دهد، یعنی نرخ تولید و استخراج منابع سوخت فسیلی یک روند افزاینده‌ای را به خود می‌گیرد تا جائیکه به مقدار ماکزیمم خود رسیده و سپس بدنبال آن دوباره کاهش خواهد یافت. هر چند بعد از این مقدار ماکزیمم، جهت جلوگیری از روند این کاهش، اقداماتی جهت تثبیت یا افزایش بیشتر تولید صورت خواهد گرفت، لیکن این اقدامات موقتی بوده و منحنی به شدت کاهش می‌یابد. این روند برای بسیاری از کشورهای تولیدکنندۀ نفت همچون ایالات متحدۀ آمریکا که در اوایل دهۀ ۱۹۷۰ میلادی مقدار تولید آن به مقدار ماکزیمم خود رسید، قابل مشاهده بود [۲]. در حال حاضر، بسیاری از کارشناسان و نمایندگان دولتی متقاعد گردیده‌اند که ماکزیمم تولید جهانی نفت به زودی فرا خواهد رسید و در ۵ تا ۱۵ سال آینده، آثار خود را نشان خواهد داد [۳]. امروزه روند دائمی و رو به افزایش قیمت نفت حکایت از آن دارد که تولید موجود، نمی‌تواند بطور کامل عطش نفت جهان را رفع نماید.

[1] Hubbert

معضل دیگر استفاده از سوخت‌های فسیلی، اثرات گلخانه‌ای[1] آنهاست. اکثر دانشمندان بر این اعتقادند که انتشار گازهای گلخانه‌ای سهم بسیار زیادی را در گرم‌شدگی جو زمین به خود اختصاص داده و بعلاوه، رابطهٔ بسیار نزدیکی بین دمای متوسط جو زمین و میزان غلظت[2] CO_2 وجود دارد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- روند افزایش دمای هوای کره زمین و میزان غلظت گاز دی‌اکسیدکربن

اثر مستقیم این افزایش دما، بر افزایش بلایای طبیعی همچون سیل و طوفان خواهد بود که این خود جای بسی تأمل دارد [۴].

[1] Greanhouse effect
[2] Concentration

نتیجه اینکه، چالش‌هایی که امروزه، بخش انرژی[1] با آنها مواجه است حرکت به سمت پایداری[2] و ایمنی[3] بیشتر تأمین سوخت، جهت جلوگیری از سناریوی نگران‌کنندهٔ فوق می‌باشد که در این راستا، روش‌های زیادی جهت نیل به این اهداف وجود دارند و لذا دلیلی جهت ناامید شدن وجود نداشته بلکه باید راه را پیمود.

۱-۳-شرح وظایف واحدهای بخش انرژی

جهت دستیابی به هدف تأمین انرژی با ایمنی و پایداری بالا، روش‌هایی قابل ارائه می‌باشند که این روش‌ها را به سه دسته زیر می‌توان تقسیم‌بندی نمود:

۱. کاهش تقاضای مصرف‌کننده جهت مصرف کمتر و بهینهٔ انرژی
۲. افزایش بازدهی تبدیل انرژی
۳. تغییر به سمت مصرف انرژی از منابعی که محتویات کربن آنها کمتر بوده و بعلاوه قابل دسترس‌تر می‌باشند.

عموماً به دستهٔ اول، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز اطلاق می‌گردد. این روش لزوماً به معنای کاهش دادن سطح استاندارد زندگی نیست بلکه به معنای استفادهٔ صحیح و بهینهٔ انرژی می‌باشد. مثلاً خاموش‌نمودن لامپ‌ها یا کم‌نمودن درجهٔ سیستم گرمایشی در مواقعی که کسی در منزل حضور ندارد. بر اساس اطلاعات کمیسیون اروپا، مصرف انرژی در اتحادیهٔ اروپا را می‌توان تا ۲۰٪ کاهش داد، بدون اینکه استانداردهای زندگی و رفاه مردم نادیده گرفته شود [۵]. لذا با فرهنگ‌سازی و نهادینه نمودن نحوهٔ مصرف بهینهٔ انرژی می‌توان مصرف بی‌رویهٔ انرژی را کاهش داد.

دستهٔ دوم در حیطهٔ واحدهای تولید انرژی بوده و مصرف‌کننده‌ها نقش بسیار کمی را در محقق نمودن این مقوله خواهند داشت، چرا که این دسته از روش‌ها به راه‌های تبدیل انرژی از انرژی اولیه به انرژی مفید می‌پردازند. عملکرد این روش‌ها را با بازده آنها مورد ارزیابی قرار می‌دهند، به عنوان مثال، بازده یک نیروگاه گازی ۳۰٪ می‌باشد. یا مثلاً در نیروگاه سیکل ترکیبی این بازده به ۶۰٪ می‌رسد. بعلاوه موضوع تولید همزمان حرارت و توان[4]، امکان افزایش بازده کل سیستم را فراهم می‌نماید، چرا که تلفات گرما در سیکل‌های حرارتی توان، امری اجتناب‌ناپذیر است

[1] Energy section
[2] Sustainability
[3] Security
[4] CHP(combined heat & power)

و در صورتیکه از این حرارت نیز استفاده گردد، بازده این سیستم‌ها افزایش می‌یابد. این قضیه، مخصوصاً برای واحدهای تولید پراکنده که در مجاورت مصرف‌کننده‌های توان و حرارت قرار دارند بسیار حائز اهمیت می‌باشد. لذا این دسته از روش‌ها توسط سیاست‌گذاری‌های دولت تدارک می‌یابند.

نهایتاً دستهٔ سوم، تغییر استفاده از حامل‌های انرژی اولیه می‌باشد. از زمان انقلاب صنعتی، مسئلهٔ کربن‌زدایی از انرژی اولیه، مصرف انرژی را از زغال‌سنگ به سمت نفت سوق داده و در حال حاضر هم از نفت به سمت گاز شیفت یافته است. چنانچه این روند ادامه یابد، حامل‌های انرژی در آینده دارای مقدار صفر یا ناچیزی از کربن خواهد بود که این به نوبهٔ خود در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش بسزایی را ایفا می‌نماید. منابع انرژی فاقد کربن عبارتند از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و منابع انرژی هسته‌ای. انرژی هسته‌ای اگرچه فاقد CO_2 می‌باشد اما بدلیل نگرانی‌های مربوط به زباله‌های هسته‌ای و ریسک‌های ذیربط آن، مسئلهٔ پایداری آن جای سؤال دارد. در دستهٔ سوم، راه‌هایی چون فرآیند جداسازی[1] CO_2 از سوخت‌های معمول و ذخیرهٔ آن پیشنهاد گردیده است. همچنین حامل‌های انرژی فاقد CO_2 مبتنی‌اند بر انرژی برق، هیدروژن و بیوسوخت‌ها[2]. ضمن اینکه فرآیند جداسازی CO_2 از حامل‌های انرژی علیرغم گران و طولانی‌بودن مدت فرآیند، تنها راه جهت دستیابی به اقتصاد انرژی پایدار و ایمن خواهد بود.

موضوع تولید پراکنده که اخیراً عنوان گردیده است می‌تواند چالش‌ها و نگرانی‌های موجود در صنایع انرژی و تولید توان را تا حد قابل قبولی کاهش دهد.

۱-۴-تولید پراکنده

نگرانی‌های زیست محیطی مورد بحث در بخش‌های قبلی و تقاضای روز افزون جهت تولید بیشتر توان الکتریکی و همچنین محدودیت‌های موجود در سیستم‌های قدرت اعم از نصب خطوط انتقال جدید جهت انتقال توان به مصرف‌کننده‌های در فواصل طولانی و نیز مسائلی که بدنبال موضوع تجدیدساختار در سیستم‌های قدرت پیش آمد، موجب گردید تا استقبالی چشمگیر از بحث تولید پراکنده صورت پذیرد. این تمایل، مخصوصاً متوجه تولید پراکندهٔ تجدیدپذیر[3] با منابع انرژی رایگان همچون باد و سلول‌های خورشیدی[4] و نیز منابع تولید پراکنده با انرژی جایگزین و انتشار کم گازهای آلاینده همچون پیل سوختی و میکروتوربین‌ها می‌باشد.

[1] Capturing
[2] Bio-fuels
[3] Renewable
[4] Solar cells

۱-۴-۱-انواع تولید پراکنده

تولید پراکنده به تولید توان از چند کیلووات تا بالغ بر ۱۰ مگاوات اطلاق می‌گردد، خواه به شبکهٔ برق سراسری متصل باشد و خواه بصورت مجزا و جداگانه توان تولید نماید. معمولاً در مقیاس کم در محدودهٔ ۵ تا ۲۵۰ کیلووات جهت تأمین برق منازل استفاده می‌گردد. این تجهیزات در نقاط استراتژیک و مهمی اعم از شبکهٔ توزیع و در مجاورت مراکز بار جایگذاری می‌گردند و برای اهدافی نظیر پشتیبانی از ظرفیت تولید، تنظیم ولتاژ و کاهش تلفات خط انتقال، ساخته شده‌اند. فناوری‌های تولید پراکنده را می‌توان به دو دستهٔ تولید پراکندهٔ تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی نمود. تولید پراکندهٔ تجدیدپذیر به فناوری‌هایی اطلاق می‌گردند که در آن‌ها از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان منبع انرژی استفاده می‌گردد. این منابع همیشگی[1] بوده (بدین معنی که تمام‌نشدنی می‌باشند) و آسیبی به محیط زیست نمی‌رسانند. این منابع عبارتند از:

- **پیل‌های سوختی هیدروژنی** (در صورتیکه هیدروژن آن از طریق منابع تجدیدپذیر تأمین شده باشد.)
- فتوولتاییک خورشید[2]
- گرمای خورشید
- باد
- زمین گرمایی[3]
- جزر و مد دریا[4]
- زیست توده و زیست گاز[5]

همچنین تولید پراکندهٔ تجدیدناپذیر به فناوری‌هایی اطلاق می‌گردند که از سوخت‌های فسیلی همچون بنزین، گازوئیل، نفت، پروپان، متان، گاز طبیعی و یا زغال‌سنگ به عنوان منبع انرژی استفاده می‌نمایند. به دلیل اینکه در این نوع تولید، منابع انرژی تجدید نمی‌یابند به آنها تجدیدناپذیر گفته می‌شود.

تکنولوژی‌های مربوط به این نوع تولید عبارتند از:

[1] Sustainable
[2] Solar photovoltaic
[3] Geothermal
[4] Tidal
[5] Biomass & biogas