

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



نقش سیستم‌های هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی اکسید جامد در تامین انرژی

جاماسب پیرکندی^۱، مجید قاسمی^۲، محمد حسین حامدی^۳

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی مکانیک

J_pirkandi@dena.kntu.ac.ir

چکیده

با توجه به روند رو به رشد مصرف انرژی در جهان و آثار آن بر محیط زیست، استفاده از روشها و سیستم‌های تولید توان که علاوه بر بازدهی بالا آلودگی کمتری نیز داشته باشند، در اولویت قرار گرفته اند. پیل های سوختی دما بالا از قبیل پیل های سوختی اکسید جامد^۱ و کربنات مذاب^۲ به دلیل بازدهی بالا در تبدیل انرژی شیمیایی سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی و انتشار ناچیز آلاینده ها، یکی از این موارد می باشند. قابلیت پیل های سوختی دما بالا در ترکیب با سیکل های تولید توان سبب شده است که سیستم هیبریدی حاصل به عنوان پیشنهادی برای سیستم‌های حرارتی جدید مد نظر باشد. سیستم‌های هیبریدی، سیستم‌های تولید توانی هستند که در آنها یک موتور گرمایی مانند توربین گاز با یک موتور غیر گرمایی مانند پیل سوختی به صورت مستقیم و غیرمستقیم ترکیب می شود. با توجه به بازدهی بالای این نوع از سیستم‌های هیبریدی نسبت به توربین گاز یا پیل سوختی تنها و همچنین نظر به کاهش میزان آلاینده‌گی، سیستم های مذکور تأثیر بسزایی در نحوه تولید توان و انرژی را در آینده نزدیک ایفا خواهند نمود. هدف از ارائه این مقاله معرفی انواع مختلف سیستم‌های هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی اکسید جامد، مقایسه عملکرد آنها با هم و در نهایت انتخاب یک سیستم تولید توان مناسب می باشد.

کلمات کلیدی: سیستم‌های هیبریدی - توربین گاز - پیل سوختی اکسید جامد

۱- مقدمه

بحران انرژی در عصر حاضر یکی از چالش‌های پیش روی بشر می‌باشد. امروزه تقاضای انرژی به طور پیوسته در حال افزایش بوده و در آینده نیز این روند ادامه پیدا خواهد کرد. براساس مفاد پیمانی که در دسامبر ۱۹۹۷ در کنفرانس کیوتو به تصویب رسید، صنایع مرتبط با انرژی در تمام کشورها نه تنها با مشکل پیدا کردن راهی برای تولید توان بیشتر با بازدهی بالا روبرو خواهند بود، بلکه باید توجه خاصی به محیط زیست و بهره برداری بهینه از منابع طبیعی مبذول دارند. توربین‌های گازی از جمله سیستم‌هایی می‌باشند که از سالها پیش در تولید انرژی الکتریکی نقش موثری داشته‌اند. عامل اصلی توسعه توربین‌های گازی با توان و کارایی بالا، دسترسی به گاز طبیعی با قیمت ارزان می باشد. [۱]. طبق پیش بینی های انجام شده توسط آژانس بین المللی انرژی^۳ عمده تولید برق در آینده بر پایه توربین‌های گازی خواهد بود. لذا دستیابی

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

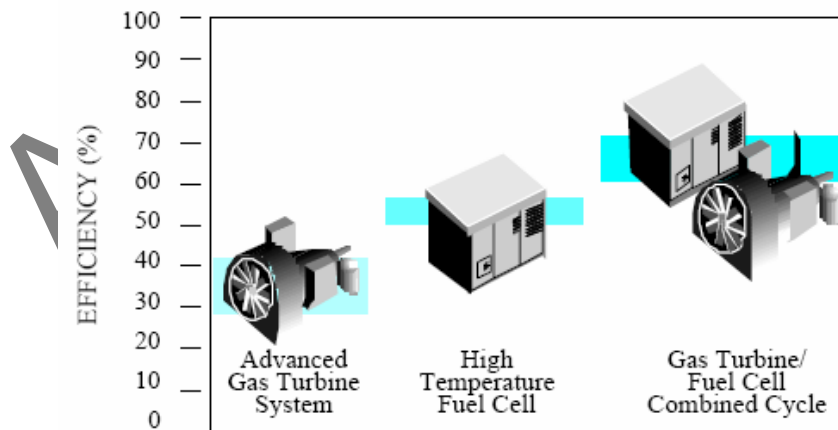
۲- دانشیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی مکانیک، ghasemi@kntu.ac.ir

۳- استاد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی مکانیک، hamed@kntu.ac.ir



به فناوری تولید با بازده بالا، آلودگی کمتر و همچنین هزینه تعمیر و نگهداری پایین از مزایای ضروری تولید انرژی الکتریکی می باشد. به کارگیری توربین های گازی در سیکل های نوین یکی از راهکارهای برآوردن این مهم می باشد [۲]. با توجه به رشد روز افزون استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر، محدودیت این منابع و مشکلات زیست محیطی ناشی از بکارگیری آنها، سبب توجه جهانیان به تنوع استفاده از انواع انرژی و بهره گیری از منابع جدید انرژی با استفاده از روش های پایدار، ایمن و سازگار با محیط زیست شده است. در این میان با توجه به ویژگی های خاص هیدروژن پیش بینی می شود که بخش عمده ای از انرژی مورد نیاز نسل های آینده از این ماده تامین گردد، به گونه ای که برخی از صاحب نظران عصر آتی را متعلق به هیدروژن و فناوری مربوط به آن می دانند [۳]. فناوری پیل سوختی که در آن هیدروژن طی یک سری واکنشهای الکتروشیمیایی با اکسیژن تولید الکتریسیته و حرارت می کند، یکی از بهترین گزینه های تولید انرژی الکتریکی در آینده محسوب می گردد [۳]. از مزایای این فناوری می توان به تولید ناچیز آلاینده های زیست محیطی، راندمان بالا نسبت به فناوری های دیگر، امکان استفاده همزمان از انرژی الکتریکی و حرارتی تولید شده توسط پیل، دامنه گسترده تولید توان از نانوات تا چندین مگاوات، کاربرد در صنایع مختلف نظیر حمل و نقل، نظامی، هوافضا و ...، تنوع سوخت مصرفی جهت تولید هیدروژن لازم برای راه اندازی پیل سوختی، نداشتن قطعه متحرک و کاهش نیاز به تعمیرات، آلودگی صوتی پایین و ... اشاره کرد. این فناوری سازگاری بسیار خوبی با مفاد پیمان کیوتو داشته و می تواند به عنوان یک جایگزین برای موتورهای کم بازده با آلودگی بالا، استفاده شود.

با توجه به موارد فوق امروزه ترکیب پیل های سوختی با سیکل توربین گاز مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است [۴-۱۲]. همانطور که در شکل (۱) مشاهده می شود، سیستم هیبریدی حاصل دارای راندمان بالایی نسبت به پیل سوختی و سیکل توربین گاز تنها بوده و پژوهشگران زیادی به همراه شرکت های سازنده متعدد در پی تجاری کردن این سیستم و همچنین افزایش توان و بازده آن می باشند [۴-۱۲].



شکل ۱- مقایسه عملکرد سیستم هیبریدی با پیل سوختی و سیکل توربین گاز

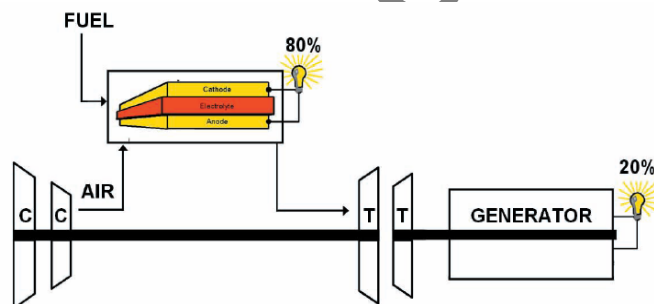
در این مقاله ترکیب توربین گاز به عنوان یک سیستم تولید انرژی سنتی با پیل سوختی به عنوان یک سیستم جدید تولید انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از ارائه این مقاله معرفی انواع سیستم های هیبریدی و مقایسه عملکرد آنها با یکدیگر و در نهایت انتخاب یک سیستم تولید توان مناسب می باشد.



۲- سیستم‌های هیبریدی

گرمای حاصله از واکنش‌های الکتروشیمیایی یک پیل سوختی دما بالا را می‌توان در یک موتور حرارتی مناسب، جهت افزایش عملکرد کلی آن بکار برد. سیستم‌های هیبریدی اشاره شده شامل پیل سوختی به عنوان جزء بالایی ۴ و موتور حرارتی به عنوان سیکل زیرین ۵ می‌باشند. اساساً چهار نوع سیکل زیرین در این نوع از سیستم‌های هیبریدی بکار برده می‌شوند که عبارتند از، سیکل توربین‌بخار، سیکل توربین‌گاز، سیکل موتور استرلینگ و سیکل‌های ترکیبی.

توربین‌های گازی در اوایل سالهای ۱۹۰۰ میلادی با توجه به پیشرفت‌های مهندسی پایه‌گذاری شده و در اواخر سالهای ۱۹۳۰ میلادی نیز استفاده از آنها به منظور تولید توان آغاز گردید [۱]. فشردگی توربین‌های گازی، وزن کم، قابلیت استفاده از سوخت‌های مختلف، هزینه نگهداری و آلاینده‌گی کمتر سبب مقبولیت زیاد این سیستم‌های تولید انرژی شده است. با توجه به موارد اشاره شده امروزه سیکل توربین گاز به عنوان رایج‌ترین سیکل زیرین در سیستم‌های هیبریدی مورد استفاده قرار گرفته است. ایده اولیه استفاده از سیستم هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی در اواسط سال ۱۹۷۰ مطرح شد و تا کنون بیش از دهها ایده در این زمینه ثبت گردیده است [۴-۱۲]. در این سیستم هیبریدی پیشنهادی یک پیل سوختی دما بالا جایگزین محفظه احتراق در سیکل توربین‌گازی گردید (شکل ۲).



شکل ۲- شماتیک ترکیب یک سیکل توربین گازی و پیل سوختی [۴]

با توجه به دمای کارکرد بالای سیکل توربین گاز، لزوم استفاده از پیل‌های سوختی دما بالا در ترکیب با این سیکل تولید توان وجود دارد. پیل‌های سوختی اکسید جامد (SOFC) و کربنات مذاب (MCFC) از جمله پیل‌های سوختی می‌باشند که دارای دمای کارکرد بالایی هستند [۳]. در این میان پیل سوختی اکسید جامد به دلیل راندمان و دمای کارکرد بالاتر، قابلیت بیشتری برای استفاده در سیستم‌های تولید توان یا تولید همزمان توان و گرما (CHP) را داراست. پیل سوختی اکسید جامد همواره مقادیر قابل توجهی گرما و انرژی با کیفیت بالا تولید می‌کند. نحوه استفاده از این گرما به موثرترین روش، اخیراً توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. از آنجا که یک توربین گاز در اثر انبساط گازهای گرم شده کار تولید می‌کند، لذا از گزینه‌هایی می‌باشد که برای ترکیب با این نوع پیل‌ها در نظر گرفته می‌شود. امروزه شرکت‌های زیادی در زمینه تجاری کردن سیستم‌های هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی اکسید جامد در حال تحقیق و پژوهش می‌باشند [۵]. شکل (۳) نمایی از یک سیستم هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی اکسید جامد ساخت شرکت زیمنس وستینگهاوس را نشان می‌دهد [۵].



شکل ۳- اولین سیستم هیبریدی ساخته شده توسط شرکت زیمنس وستینگهاوس [۵]

بطور کلی سیکل توربین گاز را می‌توان به دو روش مستقیم و یا غیرمستقیم با یک پیل سوختی دما بالا ترکیب نمود. در ادامه هر دو سیستم هیبریدی مستقیم و غیرمستقیم بطور کامل شرح داده خواهند شد.

۳- سیستم‌های هیبریدی مستقیم

زمانی که سیال عامل عبوری از سیکل توربین گاز و پیل سوختی یکسان می‌باشد، سیستم مورد نظر یک سیستم هیبریدی با تماس حرارتی مستقیم نامیده می‌شود. این نوع سیستم‌های هیبریدی به چهار روش کلی زیر ایجاد می‌شوند:

جایگزینی محفظه احتراق سیکل توربین گاز با یک پیل سوختی دما بالا، جایگزینی محفظه احتراق سیکل توربین گاز با یک پیل سوختی و یک مبدل حرارتی، قرار گرفتن یک پیل سوختی دما بالا در پایین دست یا بالادست محفظه احتراق سیکل توربین گاز، قرار گرفتن یک پیل سوختی دما بالا در پایین دست توربین گاز.

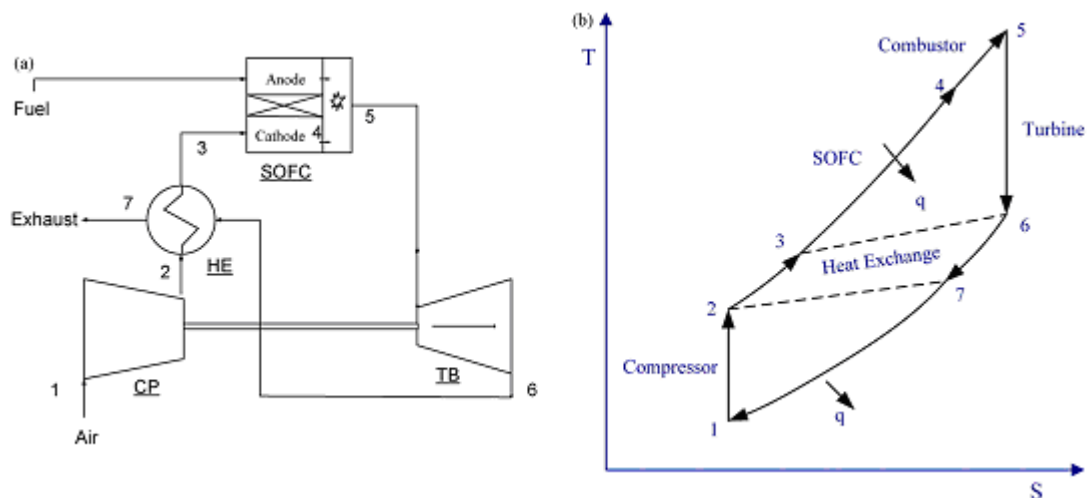
پیل سوختی بکار رفته در این نوع از سیستم‌های هیبریدی، اغلب تحت فشار معینی قرار می‌گیرد. تحت فشار قرار گرفتن پیل توان خروجی از آن را افزایش می‌دهد، اما به تناسب چالش‌های بیشتری در طراحی و کنترل سیستم هیبریدی ایجاد می‌کند. به دلیل فشار بالای ایجاد شده در پیل سوختی، بدنه آن در این روش نیاز به درزگیری‌های قابل اعتمادی دارد. در این سیستم سوخت و اکساینده ای که در پیل واکنش نداده‌اند، در دمای بالایی از پیل خارج شده و در یک پس سوز یا محفظه احتراق ثانویه سوخته و انرژی گرمایی لازم برای توربین گاز را فراهم می‌آورند. برتری قابل توجه این سیستم آلودگی بسیار کم آن نسبت به توان تولیدی و بازده بالای آن می‌باشد. در این نوع از سیستم‌های هیبریدی اغلب توان خروجی از توربین گاز حدود یک سوم توان کل سیستم هیبریدی می‌باشد. سیستم‌های هیبریدی با تماس حرارتی مستقیم از نظر کاربرد به پنج دسته تقسیم می‌شوند [۱۲]:

- ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز ساده،
 - ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز و سیکل چنگ،
 - ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز به همراه بازگرمایش هوا،
 - ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد اتمسفری با سیکل توربین گاز،
- در ادامه هر چهار روش معرفی شده در بالا به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.



۳-۱- ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز ساده^۸

شکل (۴) یک سیستم هیبریدی شامل ترکیب یک پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز ساده را نشان می دهد. در این سیستم هوای خروجی کمپرسور وارد یک بازتاب گرمایی می گردد که جریان گرم آن از خروجی توربین تامین می شود. این هوا پس از گرم شدن وارد یک پیل سوختی اکسید جامد می گردد. از طرف دیگر سوخت نیز با فشار بالا وارد پیل سوختی شده و در نتیجه طی یک سری واکنش الکتروشیمیایی بین هوا و سوخت توان معینی تولید می گردد. از آنجائیکه واکنش الکتروشیمیایی انجام گرفته در پیل سوختی اکسید جامد گرمازا می باشد، لذا دمای هوا و سوخت در داخل پیل سوختی زیاد می گردد. در ادامه گازهای داغ خروجی از پیل سوختی وارد محفظه احتراق شده و یا در گونه ای دیگر مستقیماً وارد توربین می گردند. فشار کاری سیکل در این حالت می تواند بین ۳ الی ۱۰ اتمسفر باشد. در این نوع از سیستمهای هیبریدی اکثراً سوخت بکاررفته از نوع گاز طبیعی بوده و هیچگونه سوخت اضافی در محفظه احتراق مصرف نمی شود. جهت افزایش راندمان این سیستمها، فرایند تراکم هوا می تواند در دو مرحله انجام شده و در بین هر دو مرحله عمل خنک کاری صورت گیرد. در این حالت هوا با دمای کمتری وارد مبدل حرارتی و سپس پیل سوختی خواهد شد. به دلیل کاهش دما در ورودی پیل سوختی این روش فقط در نسبت فشارهای بالا توصیه می شود و برای افزایش دما استفاده از یک مبدل حرارتی دیگر بین پیل و مبدل اولیه نیز توصیه می گردد.



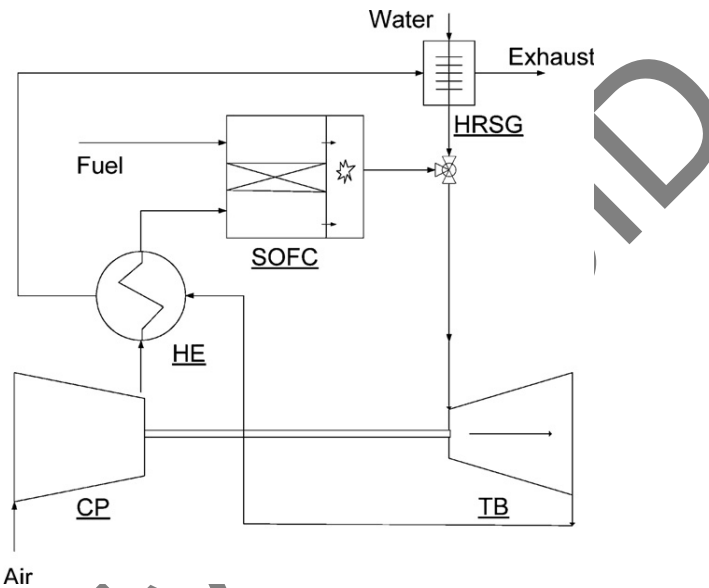
شکل ۴- شماتیک ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز ساده. (a) شماتیک سیستم هیبریدی (b) دیاگرام T-S [۱۲]

۳-۲- ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز و سیکل چنگ^۹

سیکل چنگ برای اولین بار توسط پرفسور چنگ در سال ۱۹۷۶ ارائه گردید [۱۲]. تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می دهد که استفاده از این سیکل در یک سیستم هیبریدی راندمان آن را بهبود می بخشد. در این سیستم هیبریدی همانطور که در شکل (۵) نیز مشاهده می شود، برای تولید بخار یک بازتاب یا مبدل حرارتی دیگر ۱۰ به سیستم هیبریدی اضافه می گردد. آب پس از ورود به این مبدل حرارتی در اثر انرژی حرارتی گازهای خروجی از توربین گاز تبدیل به بخار گردیده و در ادامه بخار تولید شده به گازهای خروجی از محفظه احتراق تزریق می گردد. استفاده از این بازتاب راندمان



قانون اول و دوم ترمودینامیک را بالا می برد. ترکیب بخار با گازهای خروجی از محفظه احتراق، دبی جرمی توربین را بالا برده و در نتیجه توان الکتریکی تولید شده در توربین را افزایش می دهد. استفاده از این روش راندمان الکتریکی سیستم هیبریدی را در حدود ۱ الی ۳ درصد نسبت به حالت ساده بهبود بخشیده و همچنین باعث کاهش دمای داخلی توربین و کاهش انتشار گاز اکسید نیتروژن خواهد شد.



شکل ۵- شماتیک ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز و سیکل چنگ [۱۲]

۳-۳- ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز به همراه بازگرمایش هوا^{۱۱}
با توجه به دمای کاری بالای پیل سوختی اکسید جامد باید سیستم هیبریدی طراحی شده به گونه ای باشد که دمای ورودی به پیل بالاتر از یک حداقل معین باشد. اگر دمای کارکرد پیل سوختی اکسید جامد خیلی بالا بوده و یا نسبت انبساط توربین زیاد باشد، دست یابی به این دما فقط از طریق بازیابی حرارتی گازهای خروجی از توربین بسیار سخت می باشد. با توجه به موارد فوق برای بازگرمایش هوای ورودی به کاتد پیل سوختی می توان به سه روش زیر عمل کرد [۱۱].

۳-۳-۱- گرمایش بسبب تراکم^{۱۲}

در این روش جهت ایجاد دمای لازم در ورودی کاتد پیل سوختی، کمپرسور باید در نسبت فشار مناسبی عمل کند. با استفاده از کمپرسورهایی با نسبت فشار بالا می توان دمای هوای ورودی به کاتد را افزایش داد. جریان هوای کمپرسور علاوه بر آن برای حفظ اختلاف دمای هوا در ورودی و خروجی کاتد (اختلاف دمای هوا در پیل سوختی) نیز استفاده می شود.

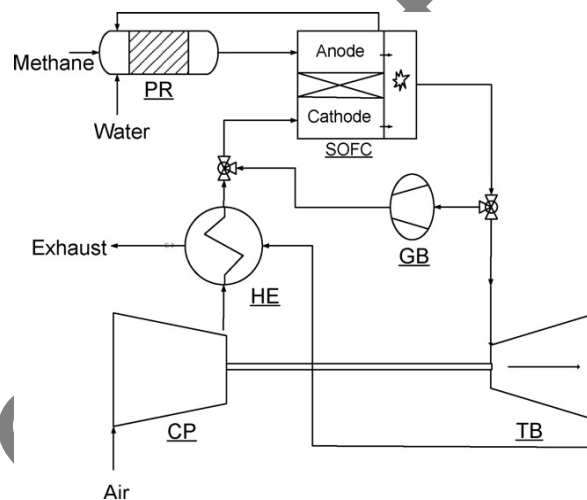
۳-۳-۲- گردش هوای خروجی کاتد^{۱۳}

در این روش بخشی از گازهای خروجی از محفظه احتراق یا کاتد پیل سوختی با گازهای ورودی به پیل مخلوط می گردد. در این حالت مقداری از هوای خروجی از کاتد به ورودی آن بازگردانده می شود تا در اثر اختلاط با هوای خروجی از



کمپرسور، دمای گازهای ورودی به پیل سوختی بالا رود. مشابه حالت قبل این روش نیز به جریان هوای خاصی از کمپرسور نیاز دارد تا به اختلاف دمای لازم در پیل سوختی برسد. عموماً از دو روش برای بازگردانی هوای کاتد استفاده می‌شود. در روش اول از یک دمنده دما بالا یا بوستر گازی که نیروی آن از یک موتور الکتریکی تامین می‌شود، برای بازگرداندن جریان هوا استفاده می‌شود. در روش دوم نیز از یک اجکتور استفاده می‌شود که از هوای کمپرسور بعنوان جریان اولیه برای بازیابی هوای کاتد استفاده می‌کند.

در شکل (۶) شماتیک یک سیستم هیبریدی با بوستر گازی نشان داده شده است. بوستر گازی به کار رفته در سیکل جهت چرخش گازهای خروجی از محفظه احتراق و گرم کردن هوای ورودی به کاتد استفاده می‌شود. استفاده از این روش باعث دستیابی به نسبت فشار بهینه بالا می‌گردد و راندمان آن ۵ درصد بیشتر از روش گرمایش هوا با بازیاب است [۱۲]. علاوه بر این سوخت به کار رفته در سیکل معمولاً گاز طبیعی بوده و در پیش‌ریفورمر به طور ناقص اصلاح می‌شود. همانطور که در این شکل نشان داده شده به دلیل گرماگیر بودن فرآیند ریفورمینگ سوخت، با چرخش درصدی از سوخت گرم واکنش نداده در خروجی آند و بازگرداندن آن به ریفورمر، بخشی از حرارت مورد نیاز این فرآیند تامین می‌گردد.



شکل ۶- شماتیک ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد تحت فشار با سیکل توربین گاز به همراه بازگرمایش هوا [۱۲]

۳-۳-۳- بازیابی^{۱۴}

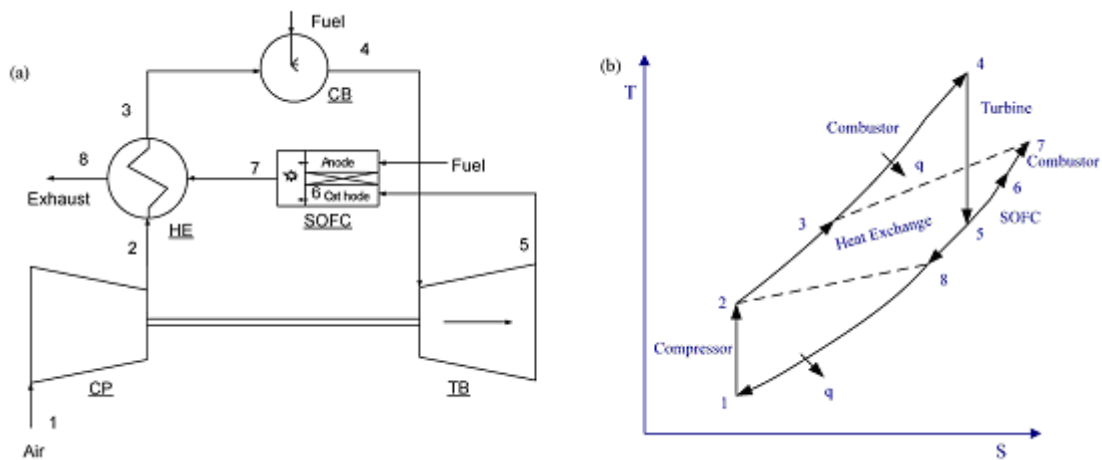
در این روش می‌توان بخشی از گازهای گرم خروجی از محفظه احتراق و یا توربین گازی را به سمت یک بازیاب یا مبدل حرارتی هدایت کرده و جریان هوای ورودی به کاتد را گرم کرد. همانند دو روش دیگر اختلاف دما در پیل سوختی از طریق جریان هوای کمپرسور کنترل می‌گردد. در بیشتر شبیه سازی‌ها روش بازیابی به تنهایی قادر به تامین تمام گرمای مورد نیاز در جهت پیش گرمایش جریان کاتد و رساندن آن به دمای مطلوب نمی‌باشد، لذا روشهای کمکی دیگری برای اضافه کردن گرما به سیستم معرفی شدند که از جمله می‌توان به استفاده از سوخت اضافی افزوده شده به محفظه احتراق بعد پیل سوختی اشاره کرد.

۳-۴- ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد اتمسفری با سیکل توربین گاز^{۱۵}

همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، این سیستم هیبریدی شامل ترکیب یک پیل سوختی اکسید جامد اتمسفری با سیکل توربین گاز می‌باشد. در این نوع از سیستمهای هیبریدی پیل سوختی بکار رفته در حدود فشار اتمسفر عمل می‌کند.



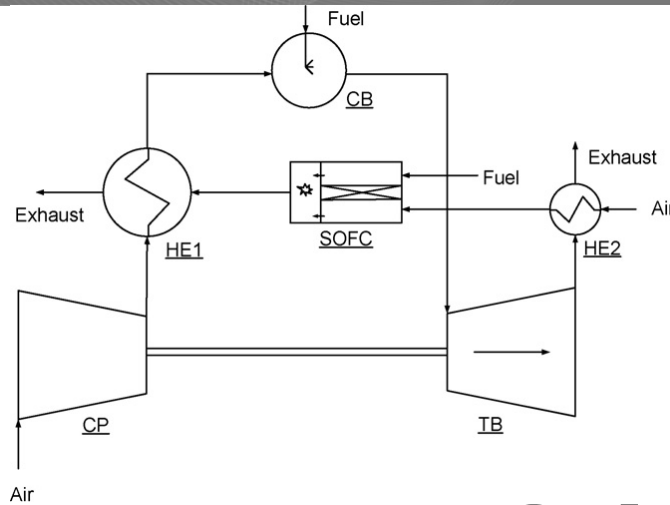
کند. در این سیستم هوای ورودی به پیل سوختی از گازهای خروجی از توربین گازی گرفته می شود. در صورتیکه دمای کاری پیل بالا بوده و یا درصد انبساط در توربین گازی زیاد باشد، دستیابی به حداقل دمای کاری مورد نیاز در ورودی پیل سخت می باشد. بنابراین در این نوع از سیستمهای هیبریدی پیل های سوختی اکسید جامد با دمای متوسط یا پیل های سوختی کربنات مذاب مورد توجه می باشند. با فرض ثابت بودن دمای گازهای ورودی به توربین، ماگزیمم نسبت انبساط توربین با دمای کارکرد پیل مشخص می گردد. در این نوع از سیستمهای هیبریدی دمای گازهای خروجی عموماً بالاتر از سیستمهای شامل پیل سوختی تحت فشار است.



شکل ۷- شماتیک ترکیب مستقیم پیل سوختی اکسید جامد اتمسفری با سیکل توربین گاز. (a) شماتیک سیستم هیبریدی (b) دیاگرام T-S [۱۲]

۴- سیستمهای هیبریدی غیر مستقیم^{۱۶}

سیستم هیبریدی با تماس حرارتی غیر مستقیم زمانی شکل می گیرد که سیال عامل عبوری از پیل سوختی دما بالا و سیکل توربین گاز به طور غیر مستقیم و از طریق یک مبدل حرارتی با هم تبادل گرمایی انجام دهند. همانطور که در شکل (۸) نشان داده شده است، این سیستم هیبریدی شامل دو سیکل بسته می باشد. سیکل اول مربوط به پیل سوختی اکسید جامدی است که از طریق هوای گرم شده در یک بازیاب تغذیه می شود و سیکل دوم نیز یک سیکل توربین گاز می باشد. ذکر این نکته ضروری است این دو سیکل در فشارهای کاری مختلف و با سیال عامل های متفاوتی کار می کنند.



شکل ۸- شماتیک ترکیب غیر مستقیم پیل سوختی اکسید جامد با سیکل توربین گاز [۱۲]

در این سیستم هیبریدی همانطور که مشاهده می شود پیل سوختی و سیکل توربین گاز از سیستمهای جداگانه ای برای تامین هوای مورد نیاز خود استفاده کرده اند. گازهای داغ خروجی از پیل سوختی پس از عبور از محفظه احتراق، جهت گرم کردن هوای خروجی از کمپرسور به سمت یک بازتاب هدایت می شوند. هوای ورودی به پیل نیز در یک بازتاب حرارتی توسط گازهای خروجی از توربین گرم می شود. همانطور که مشاهده می شود، در این حالت پیل سوختی تحت فشار اتمسفری عمل می کند. گرچه در این مورد ملزومات عایق کاری پیل سوختی کمتر می شود ولی مساله عمده در این سیستمها طراحی مناسب مبدل حرارتی است. به دلیل تفاوت زیاد دما و فشار، بخش های سرد و گرم مبدل حرارتی باید از فلزات ویژه باشند که این مساله احتمالاً هزینه بالایی خواهد داشت. انتظار می رود که ترکیب غیرمستقیم به علت انتقال حرارت و افت فشارهای درون مبدل حرارتی، راندمان پایین تری در مقایسه با ترکیب مستقیم داشته باشد. طبق تحقیقات انجام شده ماگزیمم راندمان این نوع از سیستمهای هیبریدی در حدود ۴۵ درصد بدست آمده که ۱۰٪ کمتر از سیستمهای هیبریدی مستقیم با پیل سوختی اتمسفری می باشد [۱۲].

۵- نتیجه گیری

با توجه به روند رو به رشد مصرف انرژی در جهان و آثار آن بر محیط زیست، امروزه بدست آوردن سیستمهای تولید توان با راندمان بالا و میزان آلایندهی کمتر بسیار حائز اهمیت می باشد. قابلیت پیل های سوختی اکسید جامد در ترکیب با سیکل توربین گاز سبب شده است که سیستم هیبریدی حاصل به عنوان پیشنهادی برای سیستمهای حرارتی جدید مد نظر باشد. با توجه به بازدهی بالای این نوع از سیستمهای هیبریدی نسبت به سیکل توربین گاز یا پیل سوختی تنها و همچنین نظر به کاهش میزان آلایندهی، سیستم های مذکور نقش بسزایی در تولید توان و انرژی را در آینده نزدیک ایفا خواهند نمود. هدف از ارائه این مقاله معرفی انواع مختلف سیستمهای هیبریدی توربین گاز و پیل سوختی اکسید جامد، مقایسه عملکرد آنها با هم و در نهایت انتخاب یک سیستم تولید توان مناسب می باشد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که سیستمهای هیبریدی مستقیم دارای راندمان بالایی نسبت به نوع غیرمستقیم می باشند. تولید بخار و تزریق آن به محفظه احتراق (سیکل چنگ) و بازگرمایش هوای ورودی به کاتد باعث بهبود عملکرد سیستم هیبریدی مستقیم خواهد شد.



۶- پی نوشت

- ۱- Solid Oxide Fuel Cell
- ۲- Molten Carbonate Fuel Cell
- ۳- International Energy Agency (IEA)
- ۴- Topping component
- ۵- Bottoming cycle
- ۶- Combined Heat and Power
- ۷- Direct thermal coupling scheme
- ۸- Pressurized SOFC + Gas turbine cycle
- ۹- Pressurized SOFC + Gas turbine cycle + Cheng cycle
- ۱۰- HRSG: heat recovery steam generator
- ۱۱- Pressurized SOFC + Gas turbine cycle + air reheating
- ۱۲- Heat of Compression
- ۱۳- Cathode Recycle
- ۱۴- Recuperation
- ۱۵- Non-pressurized SOFC + Gas turbine cycle
- ۱۶- Indirect thermal coupling scheme

مراجع

- ۱- انصاری، م، "سیکل توربین گازی و کاربردهای آن در تولید انرژی الکتریکی"، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، چاپ اول، ۱۳۸۰.
- ۲- Boyce, M.P., "Gas turbine engineering handbook", Gulf Professional Publishing, Boston, (2002).
- ۳- Williams, M.C, Fuel cell handbook, U.S Department of Energy, Virginia, (2002).
- ۴- Brouwer, J., "Hybrid Gas Turbine Fuel Cell Systems", National Fuel Cell Research Center, University of California, See also URL <http://www.nfrcr.uci.edu>.
- ۵- Bessette, N.F. and Pierre, J.F., "Status of siemens westinghouse tubular solid oxide fuel cell technology and development program", Proceedings of the 2000 Fuel Cell Seminar, Courtesy Associates, November (2000).
- ۶- Palsson, J., "Thermodynamic modeling and performance of combined solid oxide fuel cell and gas turbine system", Department of Heat and Power Engineering Lund University of Sweden, (2002).
- ۷- Selimovic, A., "Modeling of solid oxide fuel cells applied to the analysis of integrated systems with gas turbines", Department of Heat and Power Engineering, Lund University of Sweden, (2002).
- ۸- Chan, S.H., Ho, H.K. and Tian, Y., "Modeling of simple hybrid solid oxide fuel cell and gas turbine power plant", Journal of Power Sources, Vol.109, pp.111-120, (2002).
- ۹- Kuchonthara, P., Bhattacharya, S. and Tsutsumi, A., "Combinations of solid oxide fuel cell and several enhanced gas turbine cycles", Journal of Power Sources, Vol.124, pp.65-75, (2003).
- ۱۰- Park, S.K. and Kim, T.S., "Comparison between pressurized design and ambient pressure design of hybrid solid oxide fuel cell-gas turbine systems", Journal of Power Sources, Vol.163, pp.490-499, (2006).
- ۱۱- Bove, R. and Ubertini, S., "Modeling Solid Oxide Fuel Cells, Methods, Procedures and Techniques", Springer Netherlands Publisher, (2008).
- ۱۲- Zhang, X., Chan, S.H., Li, G., Ho, H.K., Li, J. and Feng, Z., "A review of integration strategies for solid oxide fuel cells", Journal of Power Sources, Vol.195, pp.685-702, (2010).

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله