HN10101580168

تحلیل انرژی و اکسرژی سیستم ترکیبی توربین‌گازی مجهز به پیل سوختی اکسید جامد لوله‌ای

هامون پورمیرزاآقا[۱]، رضا ابراهیمی[۲]، سیده‌شیما پیله‌آقایی[۳]، امیربابک انصاری[۴]

[۱] عضو هیات علمی، گروه مکانیک و هوافضا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رامسر، رامسر، ایران H.poormirzaagha@sina.kntu.ac.ir
[۲] دانشیار، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران، تهران، ایران
[۳] دانشجوی مهندسی هوافضا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رامسر، رامسر، ایران
[۳] دانشجوی دکتری مکانیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

هدف از ارائه این مقاله، بررسی انرژی و اکسرژی سیستم ترکیبی توربین‌گاز مجهز به پیل سوختی اکسید جامد لوله‌ای با سوخت هیدروژن است. کلیهٔ اجزای سیستم، جداگانه به کمک روابط ترمودینامیکی مدل‌سازی شده و برای پیل سوختی به کار گرفته شده، یک تحلیل الکتروشیمیایی مجزا انجام شده است. برای صحت کار، نتایج حاضر با نتایج مراجع معتبر مقایسه و مطابقت خوبی مشاهده شده است. آثار پارامترهای مختلف بر راندمان حرارتی و اکسرژی سیستم و میزان نرخ نابودی اکسرژی کل سیستم و تک تک اجزا سیستم، مورد مطالعه قرار گرفته است. با افزایش دمای ورود به توربین، راندمان حرارتی و اکسرژی سیستم ترکیبی کاهش می‌یابد، در حالی که توان سیستم افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق نشان داد که ۸۱ ٪ برگشت‌ناپذیری ناشی از پیل سوختی و محفظه احتراق است. همچنین سیستم ترکیبی دارای راندمان۵۸/۴ ٪ می‌باشد، در حالی که سیستم بدون پیل سوختی دارای راندمان ۳۱ ٪ است که نشان از عملکرد فوق‌العادهٔ سیستم ترکیبی دارد.

واژه های کلیدی

پیل‌سوختی اکسیدجامد، توربین‌گاز، اکسرژی، انرژی، برگشت‌ناپذیری.

مقدمه

با توجه به روند روبه‌رشد مصرف انرژی در جهان استفاده از روشها و سیستمهای جدید تولید انرژی با بازدهی بالا و آلایندگی پایینتر در اولویت قرار گرفته است. امروزه، با گسترش سیستم‌های مختلف تولید انرژی، روشهای گوناگونی مانند استفاده از انرژی خورشیدی، انرژی باد، پیلهای سوختی، میکروتوربین‌ها و دیزل ژنراتورها مورد توجه قرار گرفته‌اند که هر کدام از این روشها دارای مزیتها و معایب مخصوص به خودند. داشتن یک سیستم تولید انرژی قابل اعتماد، کم هزینه و همیشه در دسترس استفاده از پیلهای سوختی را به عنوان یک کاندیدای مهم معرفی کرده است. پیل سوختی، یک دستگاه الکتروشیمیایی است که طی واکنش بین هیدروژن و اکسیژن، الکتریسیته و گرما تولید می‌کند. پیل سوختی، نسبتاً آرام و بی‌صداست، به همین دلیل جهت تولید برق محلی مناسب می‌باشد[۱]. همچنین پیل سوختی به عنوان یک فن‌آوری نوین برای تولید توان در توربین‌های‌گازی به کار گرفته و باعث افزایش بازده تا ۶۰٪ می‌شود، در حالی که در توربین‌های‌گازی معمولی، به علت تلفات زیاد در محفظهٔ احتراق، بازده در حدود ۳۰٪ تا ۳۵٪ است. از میان انواع پیل سوختی، نوع اکسید جامد به دلیل راندمان بالا، آلودگی کم، تنوع سوخت مصرفی و از همه مهم‌تر دمای بالای گاز خروجی، بهترین گزینه برای استفاده در توربین گازی به شمار می‌رود. به همین دلیل در سال‌های اخیر، این تکنولوژی بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲و۳]. گرچه تحقیقات در زمینهٔ پیل سوختی اکسید جامد از اواخر دههٔ ۵۰ میلادی آغاز گردید، ولی نتایج یک مدل سادهٔ پیل سوختی اکسید جامد در اواسط دههٔ ۸۰ منتشر شد؛ لذا اولین مقالات در زمینهٔ سیستم‌های ترکیبی پیل سوختی اکسید جامد به اوایل دههٔ ۹۰ برمی‌گردد. مفهوم به کارگیری توربین گاز در کنار پیل سوختی، سال‌هاست که شناخته شده و تاکنون تحقیقات زیادی با استفاده از قانون اول ترمودینامیک بر روی آن انجام شده است. در سال ۲۰۰۰، ماسارادو و لوبلی یک مطالعهٔ مفهومی دربارهٔ بررسی عملکرد سیکل ترکیبی انجام دادند [۴]. مدل ریاضی ارائه شده توسط آن‌ها، عملکرد پیل را در حالت یکنواخت و پایدار شبیه‌سازی می‌کرد. کاستامگنا و همکاران، طراحی و عملکرد سیستمی متشکل از میکروتوربین گاز با بازیاب حرارتی و پیل سوختی اکسید جامد دما بالا را مورد آزمایش قرار دادند [۵]. همچنین کارهای متعدد دیگری در این زمینه توسط محققان مختلف مانند چان و همکاران [۶و۷] انجام شده است. یانگ و همکاران [۸] دو سیستم با بهسازی سوخت به صورت داخلی و خارجی در نظر گرفتند و تأثیر محدودیت در اختلاف دمای استک پیل سوختی را بر عملکرد آن‌ها بررسی کردند. پارک و همکاران [۹]، مشخصات طراحی و عملکرد یک سیستم ترکیبی را با در نظر گرفتن یک توربین گاز مشخص بررسی کردند. دربیشتر تحقیقات مذکور، عملکرد سیستم ترکیبی پیل سوختی و توربین گاز با توجه به قانون اول ترمودینامیک بررسی شده است. همچنین کارهای گوناگون دیگری با در نظر گرفتن قانون دوم ترمودینامیک بر روی این سیستم انجام شده که به بررسی قانون دوم ترمودینامیک بر روی سیستم و هر یک از اجزای آن می‌پردازد و نرخ برگشت‌ناپذیری را در اجزای سیستم بررسی می‌کند. آنالیز اگزرژی، یک تکنیک برای طراحی بهتر و بهبود آنالیز سیستم های انرژی است [۱۰]. این روش از قانون دوم ترمودینامیک و بقای جرم و انرژی بطور همزمان استفاده می‌کند.