POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

بررسی جامع و بهینه سازی سه جانبه در بازیابی بهینه حرارت از دست رفته در پیل سوختی اکسید جامد

چکیده

از آنجایی که پیل سوختی اکسید جامد[1] (SOFC) دارای انعطاف‌پذیری سوختی، بازده الکتریکی بالا و مزایای زیست محیطی است، به عنوان یک دستگاه تبدیل انرژی الکتروشیمیایی امیدوارکننده در نظر گرفته می‌شود. با این حال، به دلیل دمای عملیاتی زیاد، قرار دادن یک واحد بازیابی حرارت تلف شده[2] (WHR) در SOFC اهمیت دارد. در پژوهش حاضر، ادغام SOFC و WHR توسعه یافته است. بر این اساس، یک ارزیابی پارامتری از متغیرهای حیاتی از دیدگاه‌های انرژی، اگزرژی، اگزرگواکونومی و زیست محیطی[3] (4E) صورت گرفته است. برای مشخص نمودن متغیرهای بهینه تصمیم‌گیری، یک بهینه‌سازی سه جانبه[4] بر روی سیستم نوین و یکپارچه SOFC-WHR انجام شده است؛ راه حل مرزی پارِتو[5] نیز ارائه گردیده است. در منحنی پارتو، راه حل نهایی با به‌کارگیری تکنیک درجه تقدم به وسیله شباهت به راه حل ایده‌آل[6] (TOPSIS) انتخاب گردیده است. توابع مورد نظر عبارتند از نرخ هزینه، توان خروجی و انتشار CO_2؛ مقادیر بهینه متناظر به ترتیب 28.5 $/GJ، 1368 kW و 0.205 kg/kWh معلوم شده‌اند. علاوه بر این، توزیع پراکنده نُه متغیرِ طراحی بررسی شده و رفتار متغیرهای تصمیم‌گیری به دست می‌آید.

کلمات کلیدی: تحلیل اگزرگواکونومیک، بهینه‌سازی چند جانبه، پیل سوختی، بازیابی حرارت هدر رفته، نمودار گرسمان.

Keywords: Exergoeconomic analysis, Multi-objective optimization, Fuel cell, Waste heat recovery, Grassmann diagram

نتیجه‌گیری

در این مطالعه یک سیستم چندتایی[7] از منظر انرژی، بهره‌وری، اقتصادی و زیست محیطی، طراحی و ارزیابی شده است. این فرآیند از یک توربین گاز، SOFC، الکترولایزر غشای تبادل پروتون[8] (PEME)، توربین

[1] Solid oxide fuel cell
[2] Waste heat recovery
[3] Energy, exergy, exergoeconomic, and environmental
[4] Tri-objective optimization
[5] Pareto
[6] Technique for order of preference by similarity to ideal solution
[7] Multi-generation system
[8] Proton exchange membrane electrolyzer

بخار، چیلر جذبی و یک ژنراتور بخار بازیاب حرارت[1] (HRSG) دو فشاره[2]، تشکیل شده است. ارزیابی‌های پارامتری برای تصمیم گیرندگان عاملی حیاتی است تا درک نمایند پارامترها چگونه بر نرخ تولید محصولات ارزشمند و کارایی سیستم، اثر می‌گذارند. در نتیجه، یک مطالعه پارامتری جامع برای ارزیابی تأثیر تمامی پارامترهای بحرانی بر عملکرد سیستم، صورت گرفته است. مشاهده گردید که سیستم رفتار پیچیده‌ای دارد و چندین متغیر طراحی بر عملکرد سیستم اثر می‌گذارند. برای تعیین مقدار بهینه متغیرهای طراحی از بهینه‌سازی سه جانبه با روش الگوریتم ژنتیک، استفاده گردید. در نقطه بهینه، راندمان اگزرژی سیستم 53.3% است و نرخ تولید آب داغ، هیدروژن و اکسیژن به ترتیب 56.5 kg/h، 2.8 kg/h و 22 kg/h است. تحقیقات آتی با تکیه بر نتایج این مطالعه می‌تواند، افزایش عملکرد سیستم، کاهش هزینه‌های کل و به کارگیری فناوری‌های دیگر برای تقویت قابلیت‌های سیستم را مورد هدف قرار دهد. بررسی قیاسی انواع متفاوت الگوریتم‌های بهینه‌سازی و منابع اولیه گرمایش را می‌توان انجام داد. در زیر مهمترین نتیجه‌گیری‌ها آورده شده است:

* در نقطه بهینه به دست آمده توسط تکنیک TOPSIS، نرخ هزینه، توان خروجی و انتشار CO_2 به ترتیب 28.5 $/GJ، 1368 kW و 0.205 kg/kWh است.

*جمعیت پراکنده متغیرهای طراحی نشان داد که بیشتر نقاط مربوط به نسبت فشار کمپرسور، دمای ورودی به توربین گاز و چگالی جریان، در نزدیکی مرز بالایی هستند. در صورتیکه بیشتر نقاط برای ضریب مصرف سوخت، نزدیک مرز پایینی هستند.

*افزایش فشار ورودی به توربین بخار، نسبت فشار کمپرسور، دمای ورودی پیل سوختی و اختلاف دما در SOFC باعث بهبود بازده اگزرژی می‌شود. در عین حال، افزایش اختلاف دمای نقطه پینچ[3]، دمای ورودی توربین گاز، نسبت بخار به کربن، ضریب مصرف سوخت و چگالی جریان، بازده اگزرژی را کاهش می‌دهند.

*اختلاف دمای نقطه پینچ و فشار ورودی توربین بخار بر توان خالص خروجی سیستم طراحی شده، تأثیری نمی‌گذارد.

*به دلیل واکنش‌های شیمیایی و برگشت ناپذیری‌های ناشی از این واکنش‌ها در این اجزا، پس سوز[4] 33% از نابودی اگزرژی به حساب می‌آید، در حالی که پیل سوختی 24.5% آن را منجر می‌شود.

Reference

[1] Heat recovery steam generator
[2] Dual pressure
[3] Pinch point temperature difference مکانی در مبدل حرارتی که در آن اختلاف دما بین سیال گرم و سرد، مینیمم است.
[4] Afterburner وسیله‌ای که در لوله انتهایی موتور قرار می‌دهند تا سوخت اضافی را مشتعل نماید.

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

Alirahmi S. M., Gundersen T., Yu H., “A comprehensive study and tri-objective optimization for an efficient waste heat recovery from solid oxide fuel cell”, international journal of hydrogen energy 2023.

DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.01.229

ویرایش ترجمه: یاسمن باغبان