

نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED) دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص: ۱- ۲۰



DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.3.6

تحلیل اگزرژی، انرژی و مدلسازی، بهینهسازی و بررسی پارامترهای اقتصادی و زیست محیطی یک سیستم تولید چندگانه انرژی با بررسی تاثیر ترموالکتریک برای تولید برق پاک، سرمایش، گرمایش و هیدروژن

علیرضا امیرشکاریزاده'، احسان اله عصاره'*

. Alireza.amirshekari@yahoo.com - کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، <u>assareh@iaud.ac.ir</u> *۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، <u>assareh@iaud.ac.ir</u>

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۸، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیدہ

در این پژوهش به مدلسازی، بهینه سازی و آنالیز اقتصادی یک سیستم تولید چندگانه بر مبنای استفاده از انرژی خورشیدی با استفاده از ترموالکتریک در سیکل ارگانیک رانکین، پرداخته شد. سیستم مورد بررسی مت شکل از زیرسی ستم های پ نل خور شیدی، سیکل ارگان یک رانکین، چیلر جذبی و الکترولایزر PEM است. سیال مورد استفاده در سیکل ارگانیک ران کین شامل م برد 1213 است. ج هت مدل سازی سیستم مورد بررسی و همچنین به دست آوردن نتایج حاصل از تحلیل سیستم از نرمافزار ترمودینامیکی حل معادلات مهندسی EES استفاده شده است. در این پژوهش مقایسه ای بین دو سیستم با حضور ترموالکتریک و سیستم بدون حضور ترموالکتر یک و استفاده از کندان سور در سیکل ارگانیک رانکین انجام شد و طیق نتایج سیستم با حضور ترموالکتریک دو سیستم بدون حضور ترموالکتر یک و استفاده از کندان سور در پارامترهای تاثیر گذار بر روی خروجیهای سیستم میتوان از دمای ورودی به توربین و مساحت پنل خورشیدی نام برد. طبق بررسی تخریب اگزرژی سیستم، پنل خورشیدی دارای بیشترین تخریب اگزرژی است و کمترین تخریب اگزرژی مربوط به پمپ است. برای بهینه سازی توابع هدف سیستم طراحی شده از الگوریتم چندهدفه ژنتیک INSGAI استفاده شده است. دو تابع هدف متضاد مورد برر سی در این پژوهش افزایش بازده اگزرژی و کاهش نرخ هزینه عنوان شد. نمودار پارتو به منظور تعیین بهترین مقادیر برای توابع هدف م سئله که بازده اگزرژی سیستم و نرخ هزینه سیستم ازده از مینی موان شد. نمودار پارتو به منظور تعیین بهترین مقادیر برای توابع هدف م سئله که بازده اگزرژی سیستم و نرخ هزینه سیستم است، بهدست آورده شد. در نهایت بهینهترین ارزش بازده اگزرژی ۵۵/۱۰ در صد و خرخ هزینه ۱۸/۱۰ دلار بر سیستم و نرخ هزینه سیستم است، بهدست آورده شد. در نهایت بهینهترین ارزش بازده اگزرژی ۵۵/۱۰ در صد و خرخ هزینه ۱۸/۱۰ دلار بر سیستم و نرخ هزینه سیستم است، بهدست آورده شد. در نهایت بهینهترین ارزش بازده اگزرژی ۵۵/۱۰ در صد و خرخ هزینه ۱۸/۱۰ دلار بر سیستم و نرخ هزینه سیستم است، بهدست آورده شد. در نهایت بهینهترین ارزش بازده اگزرژی ۱۸/۱۵ در صد و خرخ هزی نه ۱۸/۱۷

* عهدهدار مکاتبات: assareh@iaud.ac.ir

کلمات کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستم تولید چندگانه انرژی، پنل خورشیدی، بازده اگزرژی، نرخ هزینه.

۱ ـ مقدمه

امروزه، بحرانهای سیاسی، اقتصادی و مسائلی نظیر محدودیت دوام ذخایر فسیلی، نگرانیهای زیست محیطی، بارانهای اسیدی، گرمایش جهانی، ازدحام جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف، همگی مباحث جهان شمولی هستند که با گستردگی تمام، فکر اندیشمندان را در یافتن راهکارهای مناسب در حل مناسب معضلات انرژی در جهان، بهخصوص بحران-

نحوه استناد به این مقاله: علیرضا امیرشکاریزاده، احساناله عصاره. تحلیل اگزرژی، انرژی و مدلسازی، بهینهسازی و بررسی پارامترهای اقتصادی و زیست محیطی یک سیستم تولید چندگانه انرژی با بررسی تاثیر ترموالکتریک برای تولید برق پاک، سرمایش، گرمایش و هیدروژن. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۹۰۱; ۹ (۲) : ۲۰–۱.

DOR: 20.1001.1.20089813.1401.9.2.3.6

های زیست محیطی، به خود مشغول داشته است. ایشاق و همکاران (۲۰۲۱)، بر روی یک سیستم تولید انرژی بر مبنای استفاده از انرژی خورشیدی و بادی برای تولید هیدروژن و جذب دی اکسید کربن^۲ کار کردند. این سیستم به شکلی طراحی شد که انرژی مرود نیاز برای الکترولایزر غشای تبادل پروتونی^۳ برای تولید هیدروزن توسط توربین بادی تأمین شود، و انرژی اضافی به آمونیاک تبدیل و ذخیره شود [۱]. ایشاق و دینسر^۴ (۲۰۲۱)، بر روی مدلسازی دینامیکی سیستم خورشیدی برای تولید هیدروژن، توان و آمونیاک^۵ کار کردند. نتایج نشان داد که، حداکثر مقدار تولید هیدروژن و آمونیاک در ماه ژوئن و در ساعت ۱۷ بعدازظهر بهترتیب مقدار ۵.۸۵ mol/s و ۱.۳۸ mol/۶ است و همپنین حداکثر بازده انرژی و اگزرژی سیستم به ترتیب در ماه نوامبر ۲۵.۴ درصد و ۲۸.۶ درصد گزارش شد [۲]. چن و همکاران^۶ (۲۰۲۱)، بر روی یک سیستم تولید هیدروژن بر مبنای انرژی خورشیدی و ذخیره انرژی شیمیایی مبتنی بر آمونیاک، کار کردند. در این پژوهش یک روش جدید که برای اولین بار توسط الکترولیز آب با دمای بالا و ذخیره انرژی حرارتی شیمیایی مبتنی بر آمونیاک، ارائه شد [۳]. سایکیا و همکاران^۷ (۲۰۲۱)، بر روی بهینهسازی سیستم الکترولایزر یکپارچه خورشیدی برای تولید هیدروژن کار کردند. در این کار ده پارامتر عملیاتی با استفاده از یک آرایه متعامد برای بهینه سازی انتخاب شد و مشخص شد که حداکثر تولید هیدروژن ۳۱۹.۳۵ Ncm3/hr است. سپس با استفاده از تکنیک تاگوچی، نتیجه شد که حداکثر تولید هیدروژن ۶۴۵.۸۹ Ncm3/hr است [۴]. بهزادی و همکاران^ (۲۰۲۱)، بر روی بهینهسازی چندهدفه یک سیستم تولید چندگانه انرژی مبتنی بر انرژی خورشیدی و استفاده از یک ژنراتور ترموالکتریک کار کردند. سیستم پیشنهادی از نظر انرژی، اگزرژی و اقتصادی بررسی شد. نتایج تجزیه و تحلیل اقتصادی و اگزرژو اقتصادی نشان داد که سیستم خورشیدی دارای بالاترین میزان تخریب اگزرژی است. نتایج مطالعه پارامتریک نشان داد که سیستم پیشنهادی با TEG دارای راندمان اگزرژی بالاتر، میزان تولید هیدروژن بالاتر، نرخ هزینه پایین تر و دوره بازگشت سرمایه کمتری است [۵]. عصاره و همکاران ۲۰۲۱)، بر روی ارزیابی اگزرژی و اقتصادی و همچنین بهینهسازی یک سیستم تولید برق با استفاده از انرژی خورشیدی، بادی و اقیانوسی برای تولید برق و یک مطالعه موردی برای شهر بندرعباس کار کردنداین سیستم میتواند در بهترین و بهینهترین حالت خود ۴۴۸ کیلووات توان تولید کند. همچنین بازده اگزرژی سیستم ۱۳.۸۸ درصد است [۶]. عصاره و همکاران (۲۰۲۱)، بر روی شبیهسازی و بهینهسازی یک سیستم تولید چندگانه انرژی بر مبنای استفاده از انرژی خورشیدی و استفاده از الکترولایزر PEM و سلول سوختی جهت توليد هيدروژن و توان كار كردند. در اين سيستم توان توليد شده در سيكل رانكين توسط الكترولايزر به هيدروژن تبديل مي-شود چراکه تقاضا برای انرژی الکتریکی کم است و در صورت نیاز در این سیستم انرژی الکتریکی توسط سلول سوختی تولید می شود [۷]. عصاره و همکاران (۲۰۲۱)، بر روی یک سیستم تجدیدیذیر بر مبنای استفاده از انرژی خورشیدی و زمین گرمایی تقویت شده با ژنراتورهای ترموالکتریک برای تولید برق، سرمایش و تولید آب شیرین کار کردند. نتایج نشان داد که استفاده از ترموالکتریک بهجای کندانسور، منجر به کاهش نرخ کل هزینه و افزایش کارایی اگزرژی سیستم شد [۸]. علی رحمی و عصاره (۲۰۲۰)، به تجزیه و تحلیل انرژی، اگزرژی و بهینهسازی چندهدفه و آنالیز اقتصادی برای یک سیستم تولید چندگانه انرژی برای تولید برق پاک، هیدروژن، آب شیرین، سرمایش و گرمایش برای شهر دزفول پرداختند. نتایج بهینهسازی نشان داد که بازده اگزرژی سیستم در بهترین حالت ۳۱.۶۶ درصد و نرخ کل واحد ۲۱.۹ ۲۱.۹ بدست می آید [۹]. علی حمی و همکاران

- ¹ Ishaq et al
- 2 CO₂
- ³ PEM
- ⁴ Ishaq and Dincer
- ⁵ ammonia
- ⁶ Chen et al
- ⁷ Saikia et al
- ⁸ Behzadi et al
- ⁹ Assareh et al

(۲۰۲۱)، بر روی ترکیب پیل سوختی- الکترولایزر برای مدیریت بار پیک شبکه در یک نیروگاه زمین گرمایی برای تبدیل نیرو به هیدروژن و هیدروژن به نیرو کار کردند. این سیستم انرژی مورد نیاز خود جهت شروع فعالیت را از انرژی زمین گرمایی تامین می کند و توان تولیدی سیستم توسط یک سیکل ارگانیک رانکین دوگانه تولید می شود. نتایج بهینه سازی نشان داد که مقادیر بهینه بازده اگزرژی و نرخ هزینه به ترتیب ۶۲/۱۹ درصد و ۱۸/۵۵ دلار در ساعت است. [۱۰]. عزیزیمهر و همکاران ۱ (۲۰۲۰)، بر روی تحلیل ترمودینامیکی، اقتصادی و بهینهسازی میکرو CCHP خورشیدی با استفاده از الگوریتم TLBO برای کاربردهای داخلی کار کردند. انجام بهینهسازی چند هدفه با استفاده از الگوریتم TLBO برای سیال کاری R123، باعث بهبود ۲۷.۸۵ درصد راندمان حرارتی، ۲۷.۶۶ درصد راندمان اگزرژی و ۹.۹۰ درصد نرخ هزینه سیستم می شود. [۱۰]. علی رحمی و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، بر روی تحلیل ترمودینامیک، اقتصادی و بهینهسازی چندهدفه سیستم ذخیره انرژی هوای فشرده ترکیبی با واحدهای خورشیدی و نمکزدایی با هدف تولید برق و آب آشامیدنی کار کردند. این سیستم نه تنها برق را با هزینه کم توليد مي كند، بلكه با بازيابي گرماي اضافي از سيستم اقدام به توليد آب شيرين نيز مي كند [١١]. على رحمي و همكاران (۲۰۲۰)، بر روی تجزیه و تحلیل ترمودینامیکی و بهینهسازی چندهدفه یک سیستم تولید چندگانه انرژی بر مبنای استفاده از انرژی خورشیدی و زمین گرمایی کار کردند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان تخریب اگزرژی مربوط به کلکتور خورشیدی سهموی^۳ و چیلرهای جذبی بود. بهترین مقدار بهینه نهایی با بازده اگزرژی و میزان نرخ هزینه به ترتیب به ترتیب ۲۱.۶۳ درصد و ۶۳.۸۹ دلار بر ساعت محاسبه شد. [۱۲]. على رحمى و همكاران (۲۰۲۰)، بر روى بهينه سازى چند هدفه يک سيستم تولید چندگانه انرژی بر مبنای استفاده از انرژی زمین گرمایی و خورشیدی کار کردند. با توجه به نتایج بهدست آمده از بهینهسازی، نتایج نشان داد که بازده اگزرژی سیستم و نرخ هزینه کل به ترتیب به ۲۹.۹۵ درصد و ۱۲۹.۷ گیگاژول بر ساعت گزارش شد. [۱۳].

۲- مواد و روش

۲-۱- سیستم انرژی

در شکل ۱، شماتیک سیستم اول (پلن ۵) برای تولید برق پاک در مجتمع مسکونی مدنظر با منبع انرژی خور شیدی ا ست. سیستم طراحی شده متشکل از یک پنل فتوولتائیک حرارتی، سیکل تبرید جذبی، سیکل ارگان یک ران کین و یک الکترولا یزر است که سیال ارگانیک مورد استفاده در سیکل رانکین از پنل حرارتی فتوولتائیک وارد سیستم میشود و پس از تولید حرارت از نقطه ۱ و ۳ وارد سیکل رانکین میشود. سیال پس از عبور از نقطه ۱ م قداری از حرارت خود را به سیکل تبرید جذبی میدهد و باعث تولید سرمایش در سیکل می گردد. از طرف دیگر مقدار دیگری از حرارت وارد اوپراتور میشود که این حرارت از طریق اواپراتور به سیکل ارگانیک رانکین میتقل می گردد و با استفاده از توربین، کندانسور و پمپ موجود، برق و هوای گرم تولید میشود. پس از آن، بخشی از برق تولیدی توربین و برق تولیدی از سلولهای فتوولتائیک وارد شبکه برق شهری و مابقی آن وارد الکترولایزر می گردد تا به وسیله الکترولایزر و عمل الکترولیز آب که همان جداسازی مولکولهای ه یدروژن و اکسیژ موجود در آب است، آب تولید شده در آب گرمکن در نقطه ۴ و ۵ تبدیل به هیدروژن و اکسیژن ت بدیل و وارد چر خه صنعت شود. در پلن ۵. یک ژنراتور ترموالکتریک جایگزین کندانسور سیکل ارگانیک رانکین شده است که علاوه بر تول ید تون تو سع شود. در پلن ۵ میکرد تا به وسیله الکترولایزر کندانسور سیکل ارگانیک رانکین شده است که علاوه بر تول ید تول سیژن موجود در آب است، آب تولید شده در آب گرمکن در نقطه ۴ و ۵ تبدیل به هیدروژن و اکسیژن ت بدیل و وارد چر خه صنعت مود. در پلن ۵ می کرزاتور ترموالکتریک جایگزین کندانسور سیکل ارگانیک رانکین شده است که علاوه بر تول ید می شود و

¹ Azizimehr et al

² Alirahmi et al

³ PTC







شکل ۱: سیستم های پشینهادی

۲-۲- آنالیز ترمودینامیکی سیستم

برای تحلیل ترمودینامیکی سیستم انرژی، موازنه جرم و انرژی برای هر حجم کنترل ایجاد می شود. مفروضات زیر جهت ساده سازی حل مسئله می شود:

۱- شرایط حالت پایدار. ۲- توربین ها و پمپ ها ایزنتروپ هستند. ۳- افت فشار در خطوط لوله ناچیز است [۱۵]. ۳- خروجی کندانسور مایع اشباع شده و خروجی اواپراتور بخار اشباع شده است [۱۵]. ۴- تغییرات در انرژی های بالقوه و جنبشی ناچیز است [۱۶].

در جدول ۱ دادههای ورودی جهت آنالیز سیستم خورشیدی مورد بررسی، آورده شده است.

مقدار	معرفى پارامتر	داده	رديف
900 [W/m ²]	شدت تابش خورشيدى	Gb	١
6000°C	دمای خورشید	T _{sun}	۲
5°C	اواپراتور پينچ پوينت	pp_{Evs}	٣
5°C	پينچ پوينت كندانسور	pp Cond	۴
90°C	دمای ورودی به توربین سیکل ار گانیک رانکین	T ₆	۵
35°C	دماي ورودي به پمپ سيکل ارگانيک رانکين	Tg	۶
1.9 [kg/s]	دبی جرمی هوا	<i>m</i> _{air}	۷
0.85	بازده توربين	$\eta_{\scriptscriptstyle turbin}$	٨
0.9	بازده پمپ	$\eta_{\scriptscriptstyle pump}$	٩
0.8	معيار شايستگى ترموالكتريك	ZTM	۱۰
$4.71 W/m^2 K$	ضريب افت گرمای پنل فتوولتائيک خورشيدی	U_1	11

جدول ۱: مقدار دادههای ورودی

قانون اول ترمودینامیک که معروف به قانون بقای انرژی است، بهصورت رابطه ۱ تعریف میشود:

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum_{i} \dot{m}_{i} \left(h_{i} + \frac{v_{i}^{2}}{2} + gZ_{i} \right) - \sum_{e} \dot{m}_{e} \left(h_{e} + \frac{v_{e}^{2}}{2} + gZ_{e} \right) = \frac{dE_{cv}}{dt}$$
(1)

در رابطه ۱، \dot{W} ، و t یانگر نرخ کار، نرخ انتقال حرات، انرژی و زمان و g ،v ،h و Z به ترتیب بیانگر آنتالپی، سرعت، شتاب گرانشی و ارتفاع است. استفاده از اولین قانون ترمودینامیک، برای هر حجم کنترل، در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: بالانس انرژی سیستم			
اگزرژی بالانس	انرژی بالانس	اجزاء سيستم	
$\dot{E}_{Turbine} = Ex_6 - Ex_7 - W_{turbine}$	$\dot{W}_{turbine} = \dot{m}_6 \times (h_6 - h_7)$	توربین سیکل ارگانیک رانکین	
$\dot{E}_{pump2} = \mathbf{E}\mathbf{x}_8 + \dot{\mathbf{W}}_{pump} - \mathbf{E}\mathbf{x}_9$	$\dot{W}_{pump} = \dot{m}_8 \times (h_9 - h_8)$	پمپ سیکل ارگانیک رانکین	
$\dot{E}_{Eva} = Ex_3 + Ex_9 - Ex_6 - Ex_4$	$\mathbf{Q}_{Evaporator} = \dot{\mathbf{m}}_9 \times (\mathbf{h}_6 - \mathbf{h}_9)$	اواپراتور	
$\dot{E}_{Water Heater} = Ex_4 + Ex_{12} - Ex_{13} - Ex_5$	$\mathbf{Q}_{\text{Water Heater}} = \dot{\mathbf{m}}_{12} \times (\mathbf{h}_{13} - \mathbf{h}_{12})$	آبگرمکن	
$\dot{E}_{PEM} = \dot{W}_{PEM} - Ex_{15} - Ex_6$	$\dot{W}_{pump} = 0.3 \times \dot{W}_{Net}$	الكترولايزر PEM	
$\dot{E}_{PVT} = \mathrm{Ex}_{sun} + \mathrm{Ex}_{\mathrm{electric}} - \mathrm{Ex}_1 - \mathrm{Ex}_3$	$W_{PV/T} = (eta_{c} \times GB \times beta_{c} \times tau_{g} \times A) / 10$	پنل فتوولتائيک	

مقدار کار خالص کل سیستم از رابطه ۲ بهدست میآید:

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_{Turbin} + \dot{W}_{Solar} - \dot{W}_{Pump2}$$
(۲) الف: پلن a
 $\dot{W}_{net} = \dot{W}_{Turbin} + \dot{W}_{Solar} - \dot{W}_{Pump2} + \dot{W}_{TEG}$
(۲) ب: پلن b

-

۲–۳– پنل خورشیدی فتوولتائیک
با استفاده از رابطه ۳ میزان انرژی مفید تولیده شده در پنل فتوولتائیک خورشیدی به دست می آید:

$$\dot{Q}_{PV/T} = ((\dot{m}_{air} \times C_{air}) / U_l) \times (h_{p2g} \times Z \times GB) -$$
(۳)
 $(U_l \times (T_{air,in} - T_0)) \times (1 - \exp((-b \times U_l \times L) / \dot{m}_{air} \times C_{air})$

که در رابطه ۳،
$$T_{air,in} = T_0$$
 است.
همچنین در این رابطه ۲ بیانگر ظرفیت گرمایی ویژه و h بیانگر آنتالپی است.
در رابطه ۳، مقدار Z از رابطه زیر محاسبه میشود:
(۴) $(A = alpha_b \times tau_g \wedge 2 \times (1 - beta_c) + (h_{p1g} \times tau_g \times beta_c) \times (alpha_c \times eta_c)$
در رابطه ۳، مقدار Z از رابطه زیر محاسبه میشود:
(۵) $C_{air} = CP \times (Air_{ha}, T = 25, p = 101.325)$
(۵)
(4)
(5) $eta_{th} = \dot{Q}_{PV/T} / GB \times b \times L$

b -۴-۲ آنالیز ترموالکتریک^۱ پلن

$$\eta_{TEG} = \dot{W}_{TEG} / Q_{Elegant}$$

$$\eta_{carnot} = 1 - (T_L / T_H)$$
(V)
(A)

$$Q_{\text{Elegant}} = \dot{m}_{10} \times (h_{11} - h_{10})$$
 (9)

PEM² -۵- آناليز الكترولايز

میزان کار الکترولایزر PEM طبق رابطه ۱۳ محاسبه میشود [۱۳، ۲۰، ۲۱]:
(۱۰)
محاسبه مقدار هیدروژن تولیدی سیستم:
$$\dot{M}_{\rm H2_{Out}} = a_{\rm H2} \times \dot{W}_{\rm PEM}^{\ \ b_{\rm H2}} + c_{\rm H2} \ \ "kg/s"$$

$$\dot{E}x_{sun} = \dot{Q}_{sun} \times (1 - (T_{0K}/T_{sun})) \tag{17}$$

$$\eta_{ex} = (\dot{W}_{net} + Q_{cooling}) \times 100 / (Ex_{sun})$$
(17)

۲-۷- آنالیز اقتصادی
در جدول ۳ روابط مربوط به محاسبه هزینه اجزاء سیستم مورد نظر معرفی شده است.

¹ Thermoelectric Analysis

² PEM Electrolyzer Analysis

³ exergy

رابطه	اجزاء سيستم	رديف
$Z_{Solar} = 310 \times L \times b$	پنل خورشيدى	١
$Z_{\text{Turbine}} = 4750 \times (\left(\dot{W}_{\text{turbine}}^{0.75}\right) + 60 \times \left(\dot{W}_{\text{turbine}}^{0.95}\right))$	توربين	۲
$Z_{Pump2} = 3500 \times (\dot{W}_{Pump1}^{0.41})$	پمپ سیکل ارگانیک رانکین	٣
$Z_{TEG} = 1500 \times \dot{W}_{TEG}$	ترموالکتریک (پلن B)	۵
$Z_{Cond} = 150 \times (A_{Cond} \land 0.8)$	كندانسور	۶
$\mathbf{Z}_{\mathrm{Evap}} = 276 \times \left(A_{\mathrm{Evap 1}}^{0.88}\right)$	اواپراتور	٨
$Z_{\text{Water Heater}} = 0.3 \times \dot{m}_{13}$	ابگرمکن	۱٠
$Z_{\text{electrolyzer}} = 1000 \times W_{\text{PEM}}$	الكترولايزر	١٢
$Z_{Chiller} = Q_{COOLING}^{0.67}$	چیلر جذبی	۱۳

جدول ۳: بالانس هزینه و روابط کمکی برای تمام اجزا سیستم

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اعتبارسنجی

با توجه به اینکه سیستم معرفی شده یک سیستم جدید است، جهت اعتبارسنجی نتایج و اعتبار بخشیدن به کار انجام شده، زیر سیستمهای الکترولایزر PEM و ترموالکتریک جهت مقایسه و اعتبارسنجی بررسی می شوند. به همین دلیل نتایج بررسی الکترولایزر PEM با پژوهش لوروی و همکاران⁽ [۲۴] و نتایج بررسی ترموالکتریک با پژوهش حبیباله زاده و همکاران [۱۹] اعتبارسنجی شده است. در شکل ۲ و ۳ نتایج، اعتبارسنجی کار حاضر بررسی شده است.



a المتايج پارامتريک سيستم اول (پلن a)

در شکل ۴ الف مشاهده می شود، با افزایش دمای ورودی به توربین، توان تولیدی سیستم نیز از، ۶۷ کیلووات بر ساعت به ۷۳ کیلووات بر ساعت افزایش یافته و میزان تولید آب گرم نیز از ۵. • کیلو گرم بر ساعت به ۱ کیلو گرم بر ساعت ا فزایش یاف ته است. با افزایش دمای سیال ورودی به توربین، اختلاف آنتالپی در توربین افزایش مییابد که اثر این ا فزایش ا ختلاف آن تالپی

¹ Ioroi et al

بیشتر از اثر کاهش دبی سیال است و در نهایت کار خروجی افزایش مییابد. در شکل ۴ ب، مشاهده میشود با ا فزایش د مای ورودی به توربین، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۲۰.۴ کیلوگرم بر ساعت به ۲.۶ کیلوگرم بر ساعت ا فزایش یاف ته و سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت ما نده و تولید آن تغییری نکرده است. الکترولا یزر PEM توان مورد نیاز خود را جهت تولید هیدروژن از توان تولیدی کل سیستم دریافت می کند، پس با ا فزایش توان تولی یوان تولید و سیستم از ۲۰۸ کیلوگرم بر ساعت به ۲۶. کیلوگرم بر ساعت ا فزایش یاف ته و سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت ما نده و تولید آن تغییری نکرده است. الکترولا یزر PEM توان مورد نیاز خود را جهت تولید هیدروژن از توان تولیدی کل سیستم دریافت می کند، پس با ا فزایش توان تولیدی سیستم، توان ورودی به الکترولایزر بیشتر شده و در نتیجه هیدروژن بیشتری در ساعت تولید می شود. در شکل ۴ ج، تغییرات سیستم، توان ورودی به الکترولایزر بیشتر شده و در نتیجه هیدروژن بیشتری در ساعت تولید می شود. در شکل ۴ ج، تغییرات ورودی به توان زبان در مای ورودی به توان تولیدی کا سیستم دریافت می کند، پس با ا فزایش توان تولیدی سیستم، توان ورودی به الکترولایزر بیشتر شده و در نتیجه هیدروژن بیشتری در ساعت تولید می شود. در شکل ۴ ج، تغییرات ورودی به توربین قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش د مای ورودی به توربین، میزان بازده اگزرژی سیستم نیز از ۲۰.۱۰ درصد به ۱۰.۷۷ درصد افزایش یافته است چرا که بازده ا گزرژی و توان تولیدی سیستم با یکدیگر رابطه مستقیم دارند. ولی همانطور که در شکل ۲ ج مشاهده می شود، نرخ هزینه سیستم از ۲.۷



الف. تاثیر دمای ورودی به توربین بر روی تولید توان و تولید آبگرم.

ب. تاثیر دمای ورودی به توربین بر روی تولید هیدروژن و تولید سرمایش.



ج. تاثیر دمای ورودی به توربین بر روی بازده اگزرژی و نرخ هزینه سیستم. شکل ۴: بررسی تاثیر تغییرات دمای ورودی به توربین (T6) بر روی خروجیهای سیستم

در شکل ۵ الف مشاهده می شود، با افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، توان تولیدی سیستم نیز از، ۷۱.۹ کیلووات بر ساعت

ب. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی تولید هیدروژن و تولید

به ۶۹.۴ کیلووات بر ساعت کاهش یافته است ولی میزان تولید آب گرم از ۶۰۰ کیلوگرم بر ساعت به ۱ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته است، چرا که آب گرم کن حرارت مورد نیاز خود را از اواپراتور سیکل ارگانیک رانکین دریافت می کند پس با افزایش دمای اواپراتور، نرخ آب گرم تولیدی توسط آب گرم کن نیز افزایش مییابد. در شکل ۵ ب، مشاهده می شود با ا فزایش د مای پ ینچ پوینت اواپراتور، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۲۰.۴ کیلوگرم بر ساعت به ۲۰۱۵ کیلوگرم بر ساعت کاهش یافته است و لی سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت مانده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۳ ج، تغییرات توابع هدف سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت مانده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۳ ج افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، نرخ بازده اگزرژی سیستم از ۱۰۶.۹ درصد به ۱۰۵.۹ درصد کاهش یافته است. افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، نرخ بازده اگزرژی سیستم از ۱۰۶.۹ درصد به ۲۰.۹ درصد کاهش یافته است. هم شود با



الف. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی تولید توان و تولید آب گرم



ج. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی بازده اگزرژی و نرخ هزینه سیستم

شکل ۵: بررسی تاثیر تغییرات دمای پینچ پوینت اواپراتور (PPEva) بر روی خروجیهای سیستم

در شکل ۶ الف مشاهده می شود، با افزایش مساحت پنل خور شیدی، توان تولیدی سیستم نیز از، ۴۴.۵ کیلووات بر ساعت به

۱۵۲۰۵ کیلووات بر ساعت افزایش یافته است ولی تاثیری بر روی میزان تولید آب گرم نداشته و مقدار تولید آن ۰.۷۳ کیلوگرم بر ساعت ثابت مانده است. در شکل ۶ ب، مشاهده میشود با افزایش مساحت پنل خورشیدی، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۰.۱۷ کیلوگرم بر ساعت به ۰.۵۲ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته است ولی سرمایش تولیدی سیستم با م قدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت مانده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۶ ج، تغییرات توابع هدف سیاستم نا سبت به ا فزایش مساحت پنل خورشیدی قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده میشود با افزایش مساحت پنل خورشیدی از ۲۰ میرا مرابع به ۵ متر مربع، نرخ بازده اگزرژی سیستم از ۱۸.۱۴ درصد به ۶.۱۷ درصد کاهش یافته است. همچنین در شکل ۶ ج مشاهده می شود، که نرخ هزینه سیستم از ۲.۲ دلار بر ساعت به ۲.۸ دلار بر ساعت افزایش یافته است.



شکل ۶: بررسی تاثیر تغییرات مساحت پنل خورشیدی (A_{Solar Panel}) بر روی خروجیهای سیستم

b نتايج پارامتريک سيستم دوم (پلن b)

در شکل ۷ الف مشاهده می شود، با افزایش دمای ورودی به توربین، توان تولیدی سیستم نیز از، ۷۳.۳ کیلووات بر ساعت به ۷۹.۳ کیلووات بر ساعت افزایش یافته و میزان تولید آبگرم نیز از ۵.۱۱ کیلوگرم بر ساعت به ۱۰۰۴ کیلوگرم بر ساعت ا فزایش یافته است. در شکل ۷ ب، مشاهده می شود با ا فزایش د مای ورودی به توربین، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۲۶.۶ کیلوگرم بر ساعت به ۲.۸ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته و سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت مانده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۷ ج، تغییرات توابع هدف سیستم نسبت به افزایش دمای ورودی به توربین قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش دمای ورودی به توربین، میزان بازده اگزرژی سیستم نیز از ۱۰.۷۷ درصد به ۱۱.۱۳ درصد افزایش یافته است. همانطور که در شکل ۵ ج مشاهده می شود، نرخ هزینه سیستم از ۲.۸ دلار بر ساعت به ۲۰۰۱ دلار بر ساعت کاهش یافته است.



شکل ۲: بررسی تاثیر تغییرات دمای ورودی به توربین (T₆) بر روی خروجیهای سیستم

همانطور که در شکل ۸ الف مشاهده می شود، با افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، توان تولیدی سیستم نیز از، ۷۸.۵۵ کیلووات بر ساعت به ۷۵.۰۷ کیلووات بر ساعت کاهش یافته است ولی میزان تولید آب گرم از ۷۰.۶۷ کیلوگرم بر ساعت به ۱۰۰۴ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته است، چرا که آب گرم کن حرارت مورد نیاز خود را از اواپراتور سیکل ارگانیک رانکین دریا فت می کند پس با افزایش دمای اواپراتور، نرخ آب گرم تولیدی توسط آب گرم کن نیز افزایش می یابد. در شکل ۸ ب، م شاهده می شود با افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۲۰.۲۰ کیلوگرم بر ساعت به ۲۰۲۷ کیلوگرم بر ساعت کاهش یافته است ولی سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۱۰۸.۷ کیلووات بر ساعت ثابت مانده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۸ ج، تغییرات توابع هدف سیستم نسبت به افزایش د مای پ ینچ پوی نت اواپرا تور قا بل م شاهده ا ست. مشاهده میشود با افزایش دمای پینچ پوینت اواپراتور، نرخ بازده اگزرژی سیستم از ۱۱.۰۸ درصد به ۱۰.۸۷ درصد کاهش یافته است. همچنین در شکل ۸ ج مشاهده میشود، که نرخ هزینه سیستم از ۲.۵۸ دلار بر ساعت به ۲.۱۰ دلار بر ساعت کاهش یافته است.



الف. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی تولید توان و تولید آبگرم 🦳 ب. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی تولید هیدروژن و تولید سرمایش



ج. تاثیر دمای پینچ پوینت اواپراتور بر روی بازده اگزرژی و نرخ هزینه سیستم

در شکل ۹ الف مشاهده می شود، با افزایش مساحت پنل خورشیدی، توان تولیدی سیستم نیز از، ۵۱ کیلووات بر ساعت به ۱۵۸.۹ کیلووات بر ساعت افزایش یافته است ولی تاثیری بر روی میزان تولید آب گرم نداشته و مقدار تولید آن ۷۲.۰ کیلوگرم بر ساعت ثابت مانده است، چرا که آب گرم کن حرارت مورد نیاز خود را از اواپراتور سیکل ارگانیک رانکین دریافت می کند. در شکل ۷ ب، مشاهده می شود با افزایش مساحت پنل خورشیدی، میزان هیدروژن تولیدی سیستم از ۱۹.۰ کیلوگرم بر ساعت به ۵۸.۰ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته است ولی سرمایش تولیدی سیستم از ۱۰۸.۰ کیلوگرم بر ساعت به ۱۰۵۰ کیلوگرم بر ساعت افزایش یافته است ولی سرمایش تولیدی سیستم با مقدار تولید ۲۰.۰۰ کیلووات بر ساعت ثابت ما نده و تولید آن تغییری نکرده است. در شکل ۹ چ، تغییرات توابع هدف سیستم نسبت به ا فزایش مساحت پ نل خور شیدی قا جل

شکل ۸: بررسی تاثیر تغییرات دمای پینچ پوینت اواپراتور (PPEva) بر روی خروجیهای سیستم

8 6

4

2 0

مشاهده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش مساحت پنل خورشیدی از ۱ متر مربع به ۵ متر مربع، نرخ بازده ا گزرژی سیستم از ۱۸.۸۹ درصد به ۶.۳۳ درصد کاهش یافته است. همچنین در شکل ۹ ج مشاهده میشود، که نرخ هزیـ نه سیـ ستم از ۲.۳۶ دلار بر ساعت به ۲.۹۰ دلار بر ساعت افزایش یافته است.



شکل ۹: بررسی تاثیر تغییرات مساحت پنل خورشیدی (A_{Solar Panel}) بر روی خروجیهای سیستم

(AR 18 226 264 316 352 394 236 276 Solar Panel Area (m^2) ج. تاثیر مساحت پنل خورشیدی بر روی بازده اگزرژی و نرخ هزینه

Exergy efficiency (%)

Cost rate (\$/h)

a - ۴-۳ نتایج تخریب اگزرژی سیستم اول (پلن a)

0.5

در شکل ۱۰ به بررسی تاثیر تغییرات پارامتر دمای ورودی به توربین، بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم بررسی شده است. همانطور که مشخص است، میزان تخریب اگزرژی اواپراتور از سایر اجزای سیستم بیشتر است و با افزایش دمای ورودی به توربین، میزان تخریب اگزرژی اواپراتور از ۱۷.۳ کیلووات به ۷.۱۹ کیلووات کاهش یافته است. بعد از آن بیشترین تخریب اگزرژی سیستم مربوط به الکترولایزر PEM است که با افزایش دمای ورودی به توربین میزان تخریب اگزرژی آن از ۱۱.۵۸ كيلووات به ١٢.۵۴ كيلووات افزايش يافته است. بعد از الكترولايزر بيشترين ميزان تخريب اگزرژي مربوط به كندانسور است كه مقدار آن با افزایش دمای ورودی به توربین از ۴.۰۸۹ کیلووات به ۳.۰۴۱ کیلووات کاهش یافته است. تخریب اگزرژی توربین سیکل رانکین و آبگرمکن در ردیف بعدی قرار دارند و کمترین میزان تخریب اگزرژی سیستم مربوط به پمپ سیکل رانکین

است. از دلایل بالای میزان تخریب اگزرژی در اواپراتور، این است که اواپراتور وظیفه تبخیر سیال را دارد و از آنجایی که عمل تبخیر سیال ارگانیک در سیکل رانکین یک فرآیندی بازگشتناپذیر است و مقدار بازگشتناپذیری در آن نسبت به سایر فرآیند اجزا بسیار زیادتر است، بنابراین تخریب اگزرژی در اواپراتور، زیادتر از سایر اجزاء است.



شکل ۱۰: بررسی تاثیر تغییرات دمای ورودی به توربین (T6) بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم

در شکل ۱۱ به بررسی تاثیر تغییرات پارامتر مساحت پنل خورشیدی، بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم بررسی شده است. همانطور که از نتایج شکل ۱۱ مشخص است، میزان تخریب اگزرژی الکترولایزر PEM از سایر اجزای سیستم بیشتر است و با افزایش مساحت پنل خورشیدی، میزان تخریب اگزرژی الکترولایزر از ۲۰.۳ کیلووات به ۲۷.۴ کیلووات افزایش یافته است. بعد از آن بیشتر تخریب اگزرژی مربوط به اواپراتور است که میزان تخریب اگزرژی آن با افزایش مساحت پنل خورشیدی، ۱۱.۸۲ کیلووات ثابت مانده و تغییری نکرده است. بعد از آن بیشترین میزان تخریب اگزرژی مربوط به کندانسور است که مقدار آن با افزایش مساحت پنل خورشیدی ثابت مانده است. بعد از آن بیشترین میزان تخریب اگزرژی مربوط به کندانسور است که مقدار میزان تخریب اگزرژی توربین سیکل رانکین و



شکل ۱۱: بررسی تاثیر تغییرات مساحت پنل خورشیدی (A_{Solar Panel}) بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم

b نتایج تخریب اگزرژی سیستم دوم (پلن b)

در تحلیل تخریب اگزرژی انجام شده، بیشترین مقدار تخریب اگزرژی برای پلن b در تمامی تحلیلها، مربوط به پنل خورشیدی بوده است. در شکل ۱۲ به بررسی تاثیر تغییرات پارامتر دمای ورودی به توربین، بر میزان تخریب اگزرژی اجزا پلن b بررسی شده است. همانطور که از نتایج شکل ۱۲ مشخص است، میزان تخریب اگزرژی اواپراتور از سایر اجزای پلن b بیشتر است و با افزایش دمای ورودی به توربین، میزان تخریب اگزرژی اواپراتور از ۱۷.۳ کیلووات به ۸.۳ کیلووات کاهش یافته است. بعد از آن بیشترین تخریب اگزرژی سیستم مربوط به الکترولایزر MEM است که با افزایش دمای ورودی به توربین میزان تخریب اگزرژی آن از ۱۲.۶ کیلووات به ۱۳.۷ کیلووات افزایش یافته است. بعد از الکترولایزر بیشترین میزان تخریب اگزرژی مربوط به توربین است که مقدار آن با افزایش دمای ورودی به توربین از ۲.۲ کیلووات به ۳.۸ کیلووات کاهش یافته است. تخریب اگزرژی آب گرمکن در ردیف بعدی قرار دارد و کمترین میزان تخریب اگزرژی به ترتیب مربوط به پمپ و ترموالکتریک



شکل ۱۲: بررسی تاثیر تغییرات دمای ورودی به توربین (T₆) بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم

در شکل ۱۳ به بررسی تاثیر تغییرات پارامتر مساحت پنل خورشیدی، بر میزان تخریب اگزرژی اجزا پلن b، بررسی شده است. همانطور که از نتایج شکل ۱۳ مشخص است، میزان تخریب اگزرژی الکترولایزر از PEM از سایر اجزای سیستم بیشتر است و با افزایش مساحت پنل خورشیدی، میزان تخریب اگزرژی الکترولایزر از ۸.۵ کیلووات به ۲۸.۶۹ کیلووات افزایش یافته است. بعد از آن بیشتر تخریب اگزرژی مربوط به اواپراتور است که میزان تخریب اگزرژی آن با افزایش مساحت پنل خورشیدی، ۱۱.۸۲ کیلووات ثابت مانده و تغییری نکرده است. بعد از آن بیشترین میزان تخریب اگزرژی مربوط به توربین سیکل رانکین است که مقدار آن با افزایش مساحت پنل خورشیدی ثابت مانده است و تغییری نکرده است. میزان تخریب اگزرژی آب گرم است که مقدار آن با افزایش مساحت پنل خورشیدی ثابت مانده است و تغییری نکرده است. میزان تخریب اگزرژی آب گرم و میزان تخریب اگزرژی پمپ نیز در ردیف بعدی قرار دارند با افزایش مساحت پنل خورشیدی، مقدار آنها ثابت مانده است.



شکل ۱۳: بررسی تاثیر تغییرات مساحت پنل خورشیدی (Asolar Panel) بر میزان تخریب اگزرژی اجزا سیستم

۳-۶- بهینهسازی

در جدول ۴ میزان محدوده مجاز برای متغییرهای طراحی آورده شده است.

جدول ۱. منعیر های طراحی و رتبج تغییرات آن ها		
Parameter	Lower bound	Upper bound
A _{Solar Panel}	1	3
T[6]	85	100
pp_eva	3	10

جدول ۴: متغیرهای طراحی و رنج تغییرات آنها

در شکل ۱۴ مرز پارتو آورده شده است. همانطور که بیان شد تمام نقاط جواب بهینه هستند. اما برای انتخاب بهترین نقطه از یک روش ساده هندسی استفاده شده است.



اطلاعات بیشتر در مورد نقطه بهینه و پارامترهای بهینه سازی در جداول ۵ و ۶ آورده شده است.

جدول ۵: توابع هدف بهينه		
ارزش	تابع هدف	
18.25	بازده اگزرژی (٪)	
1.87	هزينه (\$/h)	

جدول۶: پارامترهای بهینهسازی		
Parameter	amount	
A _{Solar Panel}	1.001	
T[6]	99.98	
eva	7.47	

۴- نتیجهگیری

در این پژوهش به مدلسازی و بهینهسازی یک سیستم تولید چندگانه انرژی بر مبنای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی برای تامین انرژی مورد نیاز سیستم پرداخته شد. محصولات این سیستم تولیدچندگانه شامل تولید برق پاک، تولید سرمایش، تولید آب گرم و تولید هیدروژن که به عنوان یک سوخت با راندمان بالا مورد توجه قرار گرفته است، میباشد. سیستم مورد بررسی متشکل از زیرسیستمهای پنل خورشیدی، سیکل ارگانیک رانکین، چیلر جذبی، الکترولایزر PEM و آب گرم کن است. همچنین در این پژوهش دو سیستم بررسی شد که در رانکین سیستم بررسی شد که در این پژوهش دو سیستم مورد بررسی متشکل از زیرسیستمهای پنل خورشیدی، سیکل سیستم اول و در سیکل ارگانیک رانکین از یک کندانسور استفاده شد و در سیستم دوم به جای کندانسور از ترموالکتریک جمعت بود میکل ارگانیک رانکین و همچنین از یک کندانسور استفاده شد و در سیستم دوم به جای کندانسور از ترموالکتریک جمعت بهبود عملکرد سیکل راکنین و همچنین اوزایش توان تولیدی سیکل استفاده شد. سیال مورد استفاده در سیکل ارگانیک رانکین از یک کندانسور استفاده شد و در سیستم وهم به جای کندانسور از ترموالکتریک جمعت بهبود عملکرد سیکل راکنین و همچنین افزایش توان تولیدی سیکل استفاده شد. سیال مورد استفاده در سیکل ارگانیک شامل مبرد 1213 است. برای حل معادلات حاکم بر مسئله و مدلسازی سیستم و همچنین بهدست آوردن نتایج حاصل رانکین شامل مبرد 1213 است. برای حل معادلات حاکم بر مسیال و مودی به توربین (6T) و مساحت پنل خورشیدی معرفی از تحلیل پارامترهای طراحی بر روی عملکرد سیستم، دمای ورودی به توربین (16) و مساحت پنل خورشیدی معرفی شدند. همچنین بارامترهای طراحی بر روی عملکرد سیستم، دمای ورودی به توربین (16) و مساحت پنل خورشیدی معرفی شدند. همچنین بارامترهای طراحی بر روی عملکرد سیستم نتیجه شده که پنل خورشیدی دارای بیشترین مقدار بر روی تخریب اگزرژی سیستم موردی باز تخریب اگزرژی در سیستم کار حاضر است. بهمنظور بهینه بهترین و اگزرژی سیستم ال می ان راحی به نور به ندن میزان تخریب اگزرژی در سیستم مدار می سیمتر می می از تری معرفی معرفی معرفی مده از بازحی شده از برای بوابع هده ار برای بوابع هده ار بوده می مرون گفتر به مین به میزان تخرین مقدار برای بازحی راست. مدر نین پووس به می وان گفت به سیستم معرفی مده در این پژوهش با توجه به منان می رای کاربردهای مورد نیاز منان به می وان گفت که سیست

مراجع

- 1- Ishaq, H., Siddiqui, O., Chehade, G., Dincer, I., 2021, A solar and wind driven energy system for hydrogen and urea production with CO2 capturing, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 6, Pages 4749-4760.
- 2- Ishaq, H., Dincer, I., 2021, Dynamic modelling of a solar hydrogen system for power and ammonia, production, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 46, Issue 27, Pages 13985-14004.
- 3- Chen, C., Xia, Q., Feng, S., Liu, Q., 2021, A novel solar hydrogen production system integrating high temperature electrolysis with ammonia based thermochemical energy storage, Energy Conversion and Management, Volume 237, 114143.
- 4- Saikia, S., Verma, V., Kakati, B. K., Sivasakthivel, T., Tarodiya, R., 2021, Optimization of solar integrated electrolyser system for hydrogen production using Taguchi method, Materials Today Proceedings.

- 5- Behzadi, A. M., Habibollahzade, A., Ahmadi, P., Gholamian, E., Houshfar, E., 2019, Multi-objective design optimization of a solar based system for electricity, cooling, and hydrogen production, Energy, Volume 169, Pages 696-709.
- 6- Assareh, E., Assareh, M., Alirahmi, S. M., Jalilinasrabady, S., Dejdar, A., Izadi, M., 2021a, An extensive thermo-economic evaluation and optimization of an integrated system empowered by solar-wind-ocean energy converter for electricity generation – Case study: Bandar Abas, Iran, Thermal Science and Engineering Progress, Volume 25, 100965.
- 7- Assareh, E., Mohammadi Bouri, F., Azizimehr, B., Moltames, 2021b, Simulation and Optimization of a Solar Based Trigeneration System Incorporating PEM Electrolyzer and Fuel Cell, Journal of Solar Energy Research, Volume 6, Issue 1, Pages 664-677.
- 8- Assareh, E., Alirahmi, S. M., Ahmadi, P., 2021c, A Sustainable model for the integration of solar and geothermal energy boosted with thermoelectric generators (TEGs) for electricity, cooling and desalination purpose, Geothermics 92, 102042.
- 9- Alirahmi S. M., Assareh E., 2020, Energy, exergy, and exergoeconomics (3E) analysis and multi-objective optimization of a multigeneration energy system for day and night time power generation-Case study: Dezful city, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 45, Issue 56, Pages 31555-31573.
- 10- Alirahmi, S. M., Assareh, E., Chitsaz, A., Ghazanfari Holagh, S., Jalilinasrabady, S., 2021a, Electrolyzerfuel cell combination for grid peak load management in a geothermal power plant: Power to hydrogen and hydrogen to power conversion, International Journal of Hydrogen Energy.
- 11- Azizimehr, B., Assareh, E., Moltames, R., 2020, Thermoeconomic analysis and optimization of a solar micro CCHP by using TLBO algorithm for domestic application, Energy Sources, Volume 42, Issue 14, Pages 1747-1761.
- 12- Alirahmi, S. M., Bashiri Mousavi, S., Razmi, A. R., Ahmadi, P., 2021b, A comprehensive techno-economic analysis and multi-criteria optimization of a compressed air energy storage (CAES) hybridized with solar and desalination units, Energy Conversion and Management, Volume 236, 114053.
- 13- Alirahmi, S. M., Rostami, M., Farajollahi, A. H., 2020a, Multi-criteria design optimization and thermodynamic analysis of a novel multi-generation energy system for hydrogen, cooling, heating, power, and freshwater, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 45, Issue 30, Pages 15047-15062.
- 14- Alirahmi, S. M., Rahmani Dabbagh, S., Ahmadi, P., Wongwises, S., 2020b, Multi-objective design optimization of a multi-generation energy system based on geothermal and solar energy, Energy Conversion and Management, Volume 205, 112426.
- 15- Mehrpooya M, Raeesi M, Pourfayaz F, Delpisheh M. Investigation of a hybrid solar thermochemical watersplitting hydrogen production cycle and coal-fueled molten carbonate fuel cell power plant. Sustain Energy Technol Assessments 2021;47:101458.
- 16- Delpisheh M, Haghghi MA, Athari H, Mehrpooya M. Desalinated water and hydrogen generation from seawater via a desalination unit and a low temperature electrolysis using a novel solar-based setup. Int J Hydrogen Energy 2021;46:7211–29.
- 17- Akrami, E., Khazaee, I., Gholami, A., 2018, Comprehensive analysis of a multi-generation energy system by using an energy-exergy methodology for hot water, cooling, power and hydrogen production, Appl. Therm. Eng., vol. 129, pp. 995–1001.
- 18- Houshfar, E., 2020, Thermodynamic analysis and multi-criteria optimization of a waste-to-energy plant integrated with thermoelectric generator, Energy Convers. Manag, vol, 205, no. October 2019, p. 112207.
- 19- Habibollahzade, A, Gholamian, E, Ahmadi, P, Behzadi, A, (2018), Multi-criteria optimization of an integrated energy system with thermoelectric generator, parabolic trough solar collector and electrolysis for hydrogen production, Int. J. Hydrogen Energy.
- 20- Boyaghchi, F. A., Chavoshi ,M., Sabeti, V., 2018, Multi-generation system incorporated with PEM electrolyzer and dual ORC based on biomass gasification waste heat recovery: Exergetic, economic and environmental impact optimizations, Energy, vol. 145, pp. 38–51.
- 21- Kianfard, H., Khalilarya, S., Jafarmadar S., 2018, Exergy and exergoeconomic evaluation of hydrogen and distilled water production via combination of PEM electrolyzer, RO desalination unit and geothermal driven

dual fluid ORC, Energy Convers. Manag., vol. 177, pp. 339-349.

- 22- Zhang, X., Zeng, R., Du, T., He, Y., Tian, H., Mu, K., Liu, X., Li, H., 2019, Conventional and energy level based exergoeconomic analysis of biomass and natural gas fired polygeneration system integrated with ground source heat pump and PEM electrolyzer, Energy Convers. Manag., vol. 195, pp. 313–327.
- 23- Lopez, J. C., Escobar, A., Cárdenas, D. A., 2021, Parabolic trough or linear fresnel solar collectors An exergy comparison of a solar-assisted sugarcane cogeneration power plant, Renewable Energy, Volume 165, Part 1, March 2021, Pages 139-150.
- 24- Ioroi, T., Yasuda, K., Siroma, Z., Fujiwara, N., Miyazaki, Y., 2002, Thin film electrocatalyst layer for unitized regenerative polymer electrolyte fuel cells, J Power Sources; 112:583–7.

چکیدہ انگلیسی:

Exergy analysis, energy and modeling, optimization and study of economic and environmental parameters of a multiple energy production system by studying the thermoelectric effect for the production of clean electricity, cooling, heating and hydrogen

Alireza Amirshekarizadeh¹, Ehsanolah Assareh^{1*}

¹Department of Mechanical Engineering, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

Received: January 2022 Accepted: May 2022

Abstract

In this study, modeling, optimization and economic analysis of a multiple generation system based on the use of solar energy using thermoelectric in the Rankin organic cycle. The system under study consists of solar panel subsystems, Rankin organic cycle, absorption chiller and PEM electrolyzer. The fluid used in the Rankin organic cycle contains refrigerant R123. Thermodynamic software for solving EES engineering equations has been used to model the studied system and also to obtain the results of system analysis. In this study, a comparison was made between two systems with the presence of thermoelectric and the system without the presence of thermoelectric and the use of condenser in the Rankin organic cycle and according to the results, the system with thermoelectric presence has better performance. According to the studies performed on the parameters affecting the system outputs, we can name the inlet temperature to the turbine and the area of the solar panel. According to the system exergy degradation study, the solar panel has the most exergy degradation and the least exergy degradation is related to the pump. The NSGA-II genetic multi-objective algorithm is used to optimize the objective functions of the designed system. The two opposite objective functions studied in this study were to increase exergy efficiency and reduce cost rate. The Pareto diagram was obtained in order to determine the best values for the objective functions of the problem, which are the system exergy efficiency and the system cost rate. Finally, the optimum value of the exergy efficiency was 18.25% and the cost rate was \$ 1.87 per hour. Also for case study in this study, Khuzestan province and Dezful, Ahvaz and Abadan cities were selected. The results of a case study showed that this system has a high performance in Khuzestan province and the best results were obtained in Abadan.

Key words: Solar energy, multiple energy generation system, solar panel, exergy efficiency, cost rate.

*corresponding author: <u>assareh@iaud.ac.ir</u>

Cite this article as: Alireza Amirshekarizadeh, Ehsanolah Assareh. Exergy analysis, energy and modeling, optimization and study of economic and environmental parameters of a multiple energy production system by studying the thermoelectric effect for the production of clean electricity, cooling, heating and hydrogen. Journal of Energy Conversion, 2022, 9(2), 1-20. **DOR:** 20.1001.1.20089813.1401.9.2.3.6