J. Energy Conversion
Volume: 11, Issue: 2, 2024: 61-81

نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)

دوره ۱۱، شماره ۲، تابستان۱۴۰۳، ص: ۶۱-۸۱

دو سیکل ترکیبی مبتنی بر زیست توده و تقویت شده با انرژی خورشیدی و زمین گرمایی برای تولید توان، گرمایش و آب شیرین؛ تحلیل اگزرژی

ملیحه پاشاپور*[۱]

*[۱]استادیار، گروه مکانیک، واحد نقده، دانشگاه آزاد اسلامی، ، نقده، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۵، پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۰

چکیده

در این مقاله یک چرخه ترکیبی برای تولید چندگانه توان، بخار آب و آب شیرین پیشنهاد و پارامترهای خروجی آن با یک چرخه پایه مقایسه می گردند. سوخت اصلی هر دو سیستم زیست توده است که در چرخه توربین گازی می سوزد و تولید توان می کند. سپس حرارت پسماند این چرخه توسط چرخه رانکین آلی بازیافت می گردد. یک چرخه خورشیدی با کلکتور صفحه تخت برای پیش گرم کردن سیال ارگانیک قبل از ورود به اواپراتور رانکین آلی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین، چرخه پیشنهادی دارای یک چرخه زمین گرمایی است که علاوه بر گرمایش مجدد چرخه رانکین آلی، برای تولید بخار آب در یک مولد بخار و راه اندازی یک توربین بخار مورد بهره برداری قرار می گیرد. هر دو سیستم پایه و پیشنهادی به یک واحد تصفیه آب به روش اسمز معکوس مجهزند که توان پمپ فشار قوی آنها به ترتیب از توربین چرخه های رانکین آلی و زمین گرمایی تامین می شود. طرح ها از نظر اگزرژی تحلیل و شبیه سازی شده اند. سیستم پیشنهادی در مقایسه با سیستم پایه به ترتیب ۳۴٪، ۱۳۱٪، ۱۰۰٪، و ۴۹/۳۲٪ توان خروجی، آب تصفیه شده، بخار آب، و راندمان اگزرژی بیشتری دارد.

***عهده‌دار مکاتبات** : m.pashapour@urmia.ac.ir

کلمات کلیدی: اگزرژی، توربین گاز، زیست توده، خورشیدی، زمین گرمایی، نمک زدایی اسمز معکوس.

.

نحوه استناد به این مقاله ملیحه پاشاپور. دو سیکل ترکیبی مبتنی بر زیست توده و تقویت شده با انرژی خورشیدی و زمین گرمایی برای تولید توان، گرمایش و آب شیرین؛ تحلیل اگزرژی. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۳; ۱۱ (۲) : ۶۱-۸۱.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

۱-مقدمه

رشد سریع جمعیت و کمبود منابع فسیلی و همچنین مشکلات آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین مسائلی هستند که لزوم بازیابی انرژیهای پسماند و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک را اثبات می کنند. از جمله این منابع انرژی، زیست توده است که از زباله های انسانی و حیوانی و زباله های کشاورزی، صنعتی و جنگلی بدست می آیند و ۱۰ درصد انرژی جهان را تشکیل می دهد. منابع اولیه زیست توده مواد خام چوب و پسماندهای جامد شهری به ترتیب با سهم حدود ۶۴ درصد و ۲۴ درصد می باشند[۱]. کائو و همکاران [۱] دو چرخه توربین گازی مبتنی بر زیست توده را از نظر ترمودینامیکی و اقتصادی مورد مطالعه و مقایسه قرار داده اند که در آن یک چرخه رانکین آلی و یک چرخه تبرید جذبی از حرارت پسماند برایتون استفاده می‌کنند. عسگری و همکاران [۲] یک چرخه تولید چندگانه، شامل یک توربین گازی مبتنی بر گازساز زیست توده، یک واحد گرمایش، همراه با یک سیکل تبرید جذبی را پیشنهاد کرده‌اند. آنها سیستم را یک بار با توان خروجی مشخص و یک بار با نرخ تغذیه زیست توده معلوم از منظر انرژی و اگزرژی تجزیه و تحلیل کرده اند. یک چرخه ترکیبی توسط نامی و همکاران [۳] طراحی شده که اجزای اصلی آن را یک توربین گازی مبتنی بر زیست توده و یک توربین بخار و اجزای کمکی آن را یک چیلر و یک مبدل حرارتی برای استفاده از حرارت اتلافی چرخه بالادست تشکیل می دهند. علاوه بر این، انرژی تلف شده از کندانسور چرخه بخار و فتوولتائیک متمرکز، توسط یک حلقه آب تحت فشار برای گرم کردن فضای مورد نظر استفاده می شود. آنها سیستم را از نظر انرژی و اگزرژی در شرایط تابستان و زمستان ارزیابی کرده و یک مطالعه پارامتریک انجام داده اند. زارع [۴] دو چرخه بر اساس توربین گاز با سوخت زیست توده و احتراق خارجی پیشنهاد کرده است که یک چرخه تبرید آمونیاکی از انرژی اتلافی توربین گاز استفاده می کند و به طور همزمان ورودی کمپرسور را خنک می کند. جی چائو و سبحانی [۵] یک سیستم ترکیبی شامل یک توربین گازی مبتنی بر زیست توده، یک چرخه CO_2 فوق بحرانی و یک چرخه کالینا را پیشنهاد و از نظر انرژی، اگزرژی و اگزرژو-اقتصادی بررسی کرده اند. مرادی و همکاران [۶] دو نیروگاه شامل یک میکرو توربین گاز و یک چرخه دی اکسید کربن فوق بحرانی را که با یک گازساز زیست توده کار می کند مطالعه و مقایسه کرده اند. در هر دو نیروگاه، یک چرخه رانکین آلی، انرژی پسماند چرخه ی بالایی را بازیابی می نماید. آنها علاوه بر تجزیه و تحلیل حساسیت، سیستم ها را در ترکیب با آپارتمان های مسکونی از نظر سازگاری حرارتی و الکتریکی کاربران مختلف ارزیابی کرده اند.

از جمله منابع پاک، تجدید پذیر و دوستدار محیط زیست می توان به انرژی زمین گرمایی و انرژی خورشیدی اشاره کرد. به دلیل پتانسیل بالای چنین منابع دما پایین- متوسط برای تبدیل انرژی، محبوبیت آنها در حال افزایش است. انرژی های تجدیدپذیر وقتی با نیروگاه های مبتنی بر سوخت فسیلی ترکیب می شوند به طور موثری کارایی سیستم را بهبود می بخشند [۷]. چرخه رانکین آلی یک تکنیک کلیدی و رایج برای بهره برداری از آنها است [۷ و ۸]. اوچوا و همکاران [۸] سه ترکیب مختلف از چرخه رانکین آلی با سیستم خورشیدی را از دیدگاه انرژی و اگزرژی در چهار منطقه کلمبیا با تابش خورشیدی بالا مورد مطالعه و مقایسه قرار داده‌اند. این ترکیبها عبارت بودند از رانکین خورشیدی ساده، رانکین خورشیدی احیاکننده و رانکین خورشیدی حلقه دوگانه. آنها از سیال عامل تولوئن استفاده کردند و ثابت کردند که رانکین خورشیدی ساده و احیاکننده به ترتیب دارای بالاترین بازده انرژی و اگزرژی هستند. سیستم حلقه دوگانه کمترین بازده انرژی و اگزرژی را داشت. صباغی و سفید [۹] یک چرخه رانکین آلی را با سوخت ترکیبی شامل انرژی های زمین گرمایی و زیست توده برای تولید هیدروژن و آب شیرین از نظر ترمودینامیکی مورد مطالعه و بهینه سازی قرار دادند. به گفته آنها، اگر سوخت رانکین آلی فقط زیست توده باشد، مقدار دی اکسید کربن منتشر شده افزایش می یابد. در مطالعه ای که توسط بنی اسدی و همکاران انجام شد [۱۰]، تجزیه و

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

تحلیل یک سیستم ترکیبی خورشیدی-زمین گرمایی برای تولید توان، گرمایش، سرمایش، و آب تصفیه شده برای یک ساختمان با انرژی صفر از نظر انرژی، اگزرژی و اگزرژی-اقتصادی ارائه شده است. سیستم پیشنهادی آنها شامل پنل های فتوولتائیک، الکترولیز غشای تبادل پروتون، چرخه رانکین، واحد تصفیه آب و پیل سوختی بود. در مطالعه انجام شده توسط های و همکاران [۱۱]، یک چرخه کالینا و یک ژنراتور ترموالکتریک، حرارت اتلافی یک چرخه فلاش دوگانه را که با انرژی زمین گرمایی هدایت می‌شود، بازیابی می‌کنند، و گرمای اتلاف چرخه کالینا توسط یک چیلر جذبی و یک ژنراتور ترموالکتریک دیگر مصرف می‌شود. یک واحد تولید هیدروژن و یک واحد تصفیه آب اسمز معکوس به چرخه پیشنهادی آنها می پیوندند که توان پمپ فشار بالای واحد اسمز معکوس از توان خروجی چرخه کالینا تامین می شود. آنها هزینه هر جزء و بازده اگزرژی را در نقطه بهینه ی مربوط به تولید آب شیرین و هیدروژن به دست آورده اند. جعفری و عصاره [۱۲] به ارزیابی ترمودینامیکی و تحلیل منطقه ای یک سیستم ترکیبی تولید همزمان متشکل از هلیوستات، توربین گازی، آب شیرین کن چند اثره و سیستم ذخیره‌ساز انرژی با هوای فشرده پرداخته اند. آنها هشت سناریوی مختلف را برای رسیدن به بهترین عملکرد سیستم از نظر بازده رفت و برگشت، میزان توان و نرخ آب شیرین تولیدی مورد بررسی قرار داده اند.

در این مقاله، دو سیستم پایه و پیشنهادی برای تولید چندگانه از نظر اگزرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و از نظر پارامترهای خروجی مانند توان، آب تصفیه شده، بخار آب تولید شده و بازده اگزرژی مقایسه می‌شوند. در سیستم پایه یک چرخه رانکین آلی که توسط یک چرخه خورشیدی با کلکتور صفحه تخت پیش گرم می گردد، حرارت پسماند یک چرخه توربین گازی با سوخت زیست توده را بازیابی می کند. با گسترش سیستم پایه و با افزودن یک چرخه زمین گرمایی، شامل یک مولد بخار و یک توربین بخار به آن یک چرخه ترکیبی جدید بعنوان سیستم پیشنهادی ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. مولد بخار با استفاده از انرژی زمین گرمایی به تولید بخار آب می پردازد در حالیکه این امکان برای سیستم پایه وجود ندارد. باقیمانده حرارت زمین گرمایی توسط توربین بخار به بهره برداری می رسد. این امر موجب افزایش توان تولیدی در سیستم پیشنهادی نسبت به سیستم پایه می گردد. در انتهای هر دو سیستم ، یک واحد تصفیه آب اسمز معکوس وجود دارد که پمپ فشار بالای آنها در سیستمهای پایه و پیشنهادی به ترتیب بخشی از توان توربین آلی و توربین بخار زمین گرمایی را مصرف می کنند. توان تولید شده توسط توربین چرخه زمین گرمایی بیشتر از توربین آلی است، بنابراین آب بسیار بیشتری توسط سیستم پیشنهادی تصفیه می شود. در پایان، رفتار هر دو سیستم با تغییر پارامترهای کلیدی مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-توصیف سیستم

توصیف دو سیستم پایه و پیشنهادی، که به ترتیب در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده اند، در این قسمت ارائه شده است.

سیستم پایه

شکل ۱ پیکربندی سیستم پایه را نشان می دهد؛ یک چرخه ترکیبی متشکل از یک توربین گازی مبتنی بر زیست توده و یک چرخه رانکین آلی که توسط یک چرخه خورشیدی تقویت می شود. زیست توده و هوا با دما و فشار محیط به گازساز تغذیه می شود. گاز سنتز تولید شده (جریان ۳) به محفظه احتراق هدایت می شود، سپس با هوای داغ که از توربین گازی می آید (جریان ۷) به عنوان سوخت می سوزد. گاز احتراق داغ (جریان ۸) از طریق یک مبدل، هوای پرفشار خروجی از کمپرسور را قبل از ورود به توربین گازی گرم می کند. انرژی باقیمانده محصولات احتراق توسط اواپراتور چرخه رانکین آلی مورد بهره برداری قرار می

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

گیرد. در چرخه رانکین آلی، سیال کاری به طور غیر مستقیم توسط چرخه خورشیدی صفحه تخت، قبل از ورود به مبدل حرارتی داخلی، پیش گرم می شود. یک واحد نمک زدایی اسمز معکوس نیز به سیستم اضافه شده است که پمپ فشار بالای آن بخشی از توان تولید شده توسط توربین آلی را مصرف می کند.

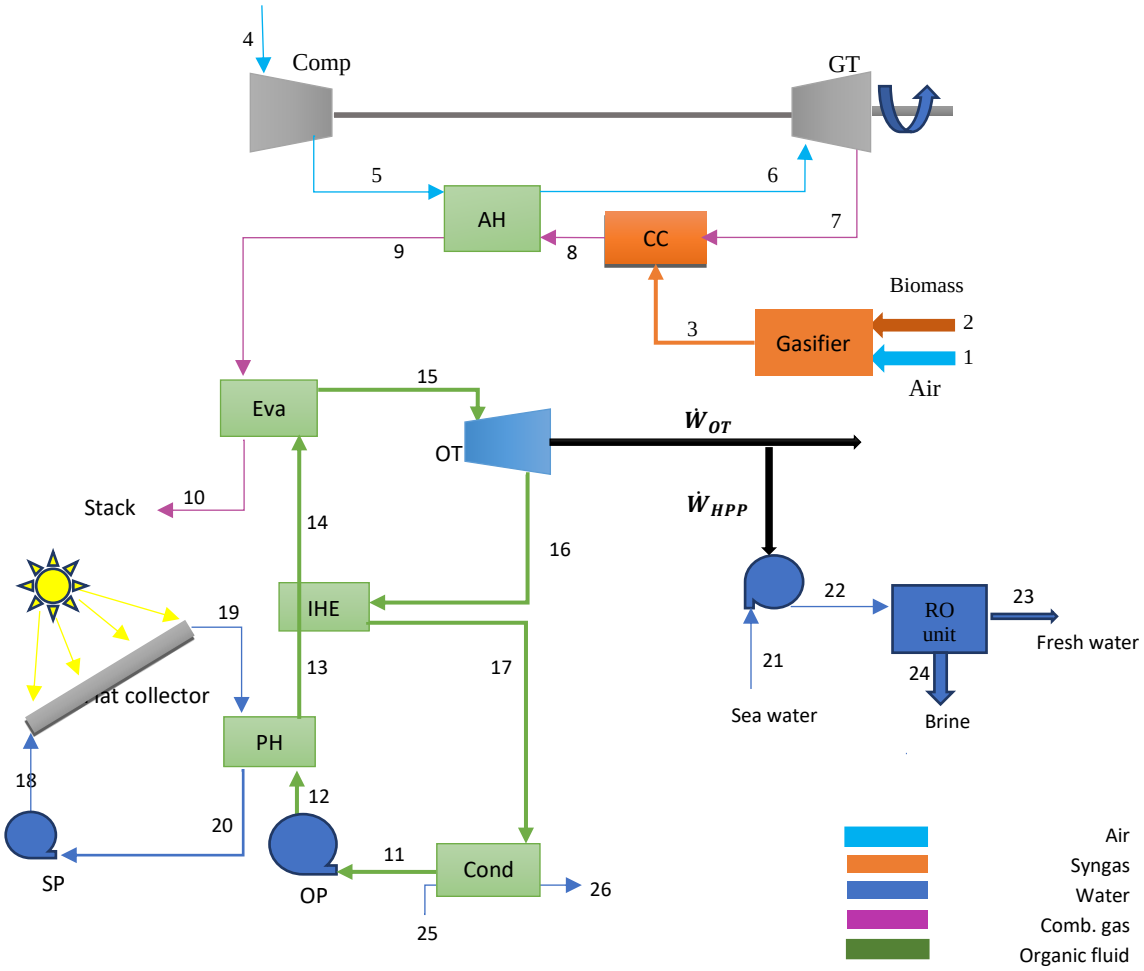
سیستم پیشنهادی

شکل ۲ سیستم ترکیبی پیشنهادی را نشان می دهد که در آن چرخه توربین گازی تغذیه شده با زیست توده مشابه سیستم پایه است و چرخه رانکین آلی آن علاوه بر چرخه خورشیدی توسط چرخه زمین گرمایی نیز تقویت می شود. انرژی زمین گرمایی ابتدا برای بازگرمایش چرخه رانکین آلی استفاده می شود. سپس برای تولید بخار آب اشباع در مولد بخار (جریان ۲۸) و نیز برای تولید توان در توربین بخار مورد بهره برداری قرار می گیرد. بخشی از توان تولید شده توسط این توربین بخار توسط پمپ فشار قوی واحد تصفیه اسمز معکوس مصرف می‌شود. در نهایت، سیال از یک کندانسور و یک پمپ برای تزریق مجدد عبور می کند.

مفروضات برای مدل سازی سیستم های تولید چندگانه به شرح زیر است:

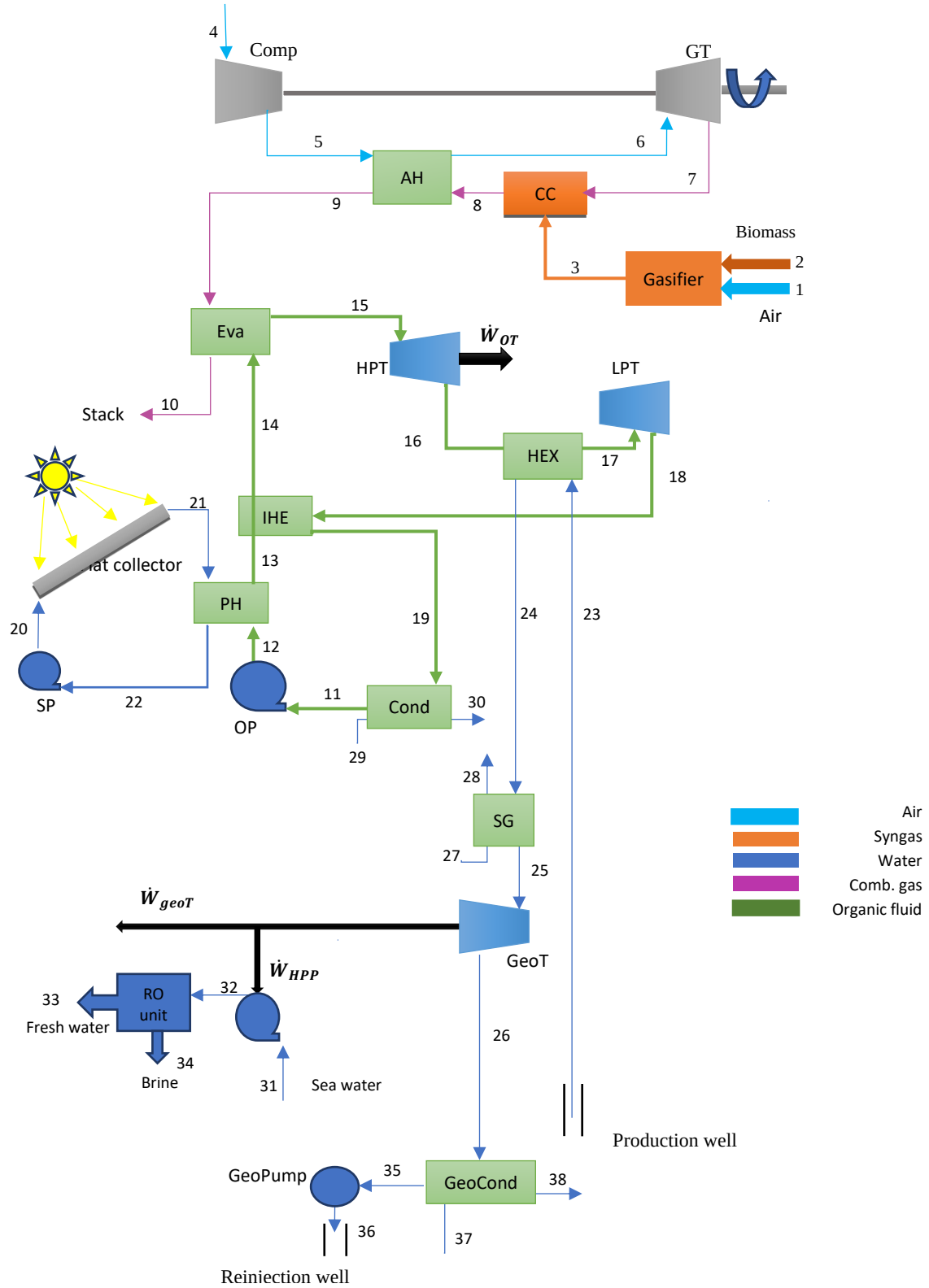
- کل سیستم در حالت پایدار باقی می ماند.
- از کمپرسور آدیاباتیک و توربین گاز استفاده می شود.
- هوا و گاز حاصل از احتراق به صورت یک گاز ایده آل رفتار می کنند.
- مبدل های حرارتی چرخه رانکین آلی و چرخه زمین گرمائی هیچ افت فشاری ندارند.
- تلفات حرارتی گازساز و محفظه احتراق به ترتیب ۵٪ و ۲٪ از کل انرژی شیمیایی سوخت است [۱۳، ۲].

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



شکل ۱: طرحواره سیستم پایه، چرخه ترکیبی برای تولید توان و آب شیرین

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



شکل ۲: طرحواره سیستم پیشنهادی، چرخه ترکیبی برای تولبد توان، آب شیرین و بخار آب

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

داده های مورد نیاز برای مدل سازی و شبیه سازی سیستم های مذکور در جدول ۱ نوشته شده است.

جدول ۱: داده های ورودی برای مدل سازی سیستم ها (۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷)

کمیت	واحد	مقدار
دمای محیط	K	۲۹۸.۱۵
فشار محیط	kPa	۱۰۱/۳
بازده آیزنتروپیک توربین گاز/کمیرسور- توربینهای آلی و بخار-پمپ آلی- پمپ بخار- پمپ فشار بالا	%	۸۹- ۸۷- ۸۵- ۸۵- ۹۰- ۸۰
نسبت فشار کمپرسور	-	۱۰
افت فشار در مجفظه احتراق-سمت سرد گرمکن هوا- سمت گرم گرمکن هوا-اواپراتور	%	۳-۳- ۱/۵-۲
محتوای رطوبت زیست توده	%	۲۰
دمای گازساز	K	۱۰۷۳
بیشینه و کمینه دمای چرخه رانکین آلی	K	۴۹۳/۲ و ۳۱۸/۲
کمینه اختلاف دمایی (پینچ) در مبدلهای پیشکرمکن، بازگرمایش، چگالنده	K	۱۰
تابش متوسط خورشیدی	W/m^2	۸۰۰
دمای خورشید	K	۵۷۷۰
دمای سیال زمین گرمایی	K	۴۴۸.۲
فشار سیال زمین گرمایی	kPa	۷۰۰۰
جریان جرمی سیال زمین گرمایی	kg/s	۸۳
غلظت آب دریا	ppm	۴۵۰۰۰
نسبت بازیابی	%	۳۰
جریان حجمی آب دریا	m^3/h	۴۸۶
رد نمک	-	۰/۹۹۴۴

۳-مدلسازی ترمودینامیکی

۳-۱تحلیل انرژی

با فرض اینکه $\dot{W}$ و $\dot{Q}$ به ترتیب نرخ انجام کار و نرخ تبادل حرارت بین مرزهای یک حجم کنترل و محیط باشند، تعادل انرژی برای آن حجم کنترل توسط معادله ۱ بیان می شود:

$$\dot{Q}_{C.V} + \sum_{in} \dot{m}_i \, h_i = \dot{W}_{C.V} + \sum_{out} \dot{m}_e \, h_e \qquad (۱)$$

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

که در این زابطه $\dot{m}$ و h به ترتیب نمایانگر نرخ جریان جرمی و آنتالپی ویژه می باشند. زیرنویسهای i و e به ترتیب جریانهای ورودی و خروجی از حجم کنترل را نشان می دهند. برای مدلسازی واحد اسمز معکوس از روابط تحربی استفاده شده است. (به مرجع [۱۶] از نویسنده مراجعه نمایید).

۳-۲تحلیل اگزرژی

تجزیه و تحلیل اگزرژی امکان سنجش مقدار دقیق و نوع برگشت ناپذیری در هر فرآیند را ممکن می سازد. بنابراین، اجزایی از سیستم که پتانسیل بالای برای بهبود دارند قابل شناسایی خواهند بود. با صرف نظر از تغییرات اگزرژی پتانسیل و جنبشی، اگزرژی هر نقطه از چرخه از دو نوع فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده است. با فرض ex بعنوان اگزرژی ویژه و $\dot{m}$ نرخ جریان جرمی، اگزرژی فیزیکی ویژه یک حالت مشخص و همچنین اگزرژی شیمیایی یک مخلوط گاز ایده آل را می توان به ترتیب توسط معادلات ۲ و ۳ مشخص کرد [۱۸]:

$$ex^{ph} = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (۲)$$

$$\overline{ex}^{ch}_{mixture} = \sum_i x_i \, \overline{ex}^{ch}_{0,i} + \bar{R}T_0 \sum x_i ln x_i \quad (۳)$$

که در آن شاخص ۰ نمایانگر مقدار یک پارامتر در شرایط محیطی است. و x_{ki} و $\overline{ex}_i{}^{ch}$ به ترتیب کسر مولی و اگزرژی شیمیایی در هر مول جزء i مخلوط‌های گازی هستند. اگزرژی شیمیایی زیست توده به صورت بیان می شود [۱۵]:

$$\overline{ex}^{ch}_{biomass} = \beta \times \overline{LHV}_{biomass} \quad (۴)$$

که در آن β نسبت اگزرژی به LHV زیست توده است و برای سوخت های جامد می تواند از معادله ۵ به دست آید:

$$\beta = \frac{1.044+0.016\frac{M_H}{M_C}-0.34493\frac{M_O}{M_C}\left(1+0.0531\frac{M_H}{M_C}\right)}{1-0.4124\frac{M_O}{M_C}} \quad (۵)$$

که در آن M_O، M_H و M_C به ترتیب کسرهای جرمی اکسیژن، هیدروژن و کربن در زیست توده هستند. بعلاوه، نرخ اگزرژی خورشیدی از رابطه $\dot{E}x_{Solar} = GA_{col}\left[1 + \frac{1}{3}\left(\frac{T_0}{T_{sun}}\right)^4 - \frac{4}{3}\left(\frac{T_0}{T_{sun}}\right)\right]$ قابل دستیابی است که در این رابطه G، A_{col} و T_{sun} به ترتیب عبارتند از تابش متوسط خورشیدی، مساحت صفحات خورشیدی و دمای خورشید.

برای یک حجم کنترل، تعادل اگزرژی به صورت زیر نوشته می شود [۲]:

$$\dot{E}x_F = \dot{E}x_P + \dot{E}x_L + \dot{E}x_D \quad (۶)$$

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

که در آن $\dot{E}x_D$ نرخ تخریب اگزرژی است، $\dot{E}x_F$ نشان دهنده اگزرژی سوخت به معنای منبع محصول، و $\dot{E}x_P$ نشان دهنده نرخ اگزرژی محصول است. گرمای انتقال یافته از حجم کنترل به محیط $(\dot{Q}_L)$ در دمای حجم کنترل $(T_{C.V})$ باعث تلفات اگزرژی می شود که مقدار آن از رابطه زیر به دست می آید [۲]:

$$\dot{E}x_L = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_{C.V}}\right) \dot{Q}_L \quad (۷)$$

علاوه بر این، نسبت اگزرژی محصول به اگزرژی سوخت در هر چزء i، بازده اگزرژی آن جزء را تشکیل می‌دهد [۲]. بازده اگزرژی کلی دو سیستم را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\varepsilon = \dot{E}x_{out}/\dot{E}x_{in} = \begin{cases} \frac{\dot{W}_{net}+\dot{E}x_{23}}{\dot{E}x_{biomass}+\dot{E}x_{Solar}}, Base\ configuration \\ \frac{\dot{W}_{net}+\dot{E}x_{33}+(\dot{E}x_{28}-\dot{E}x_{27})}{\dot{E}x_{biomass}+\dot{E}x_{Solar}+\dot{E}x_{23}-\dot{E}x_{26}}, Proposed\ configuration \end{cases} \quad (۸)$$

که در آن:

$$\dot{W}_{net} = \begin{cases} \dot{W}_{GT} - \dot{W}_{AC} + \dot{W}_{OT} - \dot{W}_P - \dot{W}_{SP} - \dot{W}_{HPP}, & Base\ configuration \\ \dot{W}_{GT} - \dot{W}_{AC} + \dot{W}_{HPT} + \dot{W}_{LPT} - \dot{W}_P - \dot{W}_{SP} + \dot{W}_{GeoT} - \dot{W}_{HPP}, & Proposed\ configuration \end{cases} \quad (۹)$$

در این معادله $\dot{W}_{GT}$، $\dot{W}_{OT}$، $\dot{W}_{HPT}$، $\dot{W}_{LPT}$،و $\dot{W}_{GeoT}$ به ترتیب عبارتند از توانهای تولید شده توسط توربین گازی، توربین رانکین آلی در سیستم پایه، توربین های فشار بالا و فشار پائین در سیستم پیشنهادی، و توربین زمین گرمائی. همچنین $\dot{W}_{AC}$، $\dot{W}_P$، $\dot{W}_{SP}$، $\dot{W}_{HPP}$ به ترتیب نمایانگر توان مصرف شده توسط کمپرسور هوا، پمپ چرخه رانکین آلی، پمپ چرخه خورشیدی، و پمپ فشار بالای واحد اسمز معکوس.

۴-نتایج و بحث

۴-۱ اعتبار سنجی نتایج

قبل از ارائه نتایج مدل‌سازی، توسط نرم‌افزار EES (حل معادلات مهندسی)، نتایج شبیه‌سازی سیستم‌های پیشنهادی توسط نتایج ارائه‌شده در تحقیقات قبلی تایید می‌شوند. جداول ۲ و ۳، به ترتیب، نتایج عتبارسنجی مربوط به گازساز را در دمای ۱۰۷۳ کلوین و محتوای رطوبت ۲۰٪و همچنین واحد تصفیه اسمز معکوس را نشان می دهد. با مراجعه به این جداول توافقات قابل قبولی مشاهده می شود. برای اعتبارسنجی نتایج مدل‌سازی چرخه رانکین آلی، مقاله منتشر شده قبلی نویسنده (مرجع [۱۳]) ارجاع داده می شود.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

جدول ۲: اعتبارسنجی درصد اجزای گاز سنتز نسبت به تحقیقات قبلی

جزء تشکیل دهنده	مرجع [۱۹]	مقاله حاضر
H_2	۲۱/۱۹	۲۱/۳۷
CO	۱۹/۸۱	۲۰/۳۶
CO_2	۱۱/۸۲	۱۱/۹۸
CH_4	۰/۷۶	۰/۲
N_2	۴۶/۴۲	۴۶/۰۹
O_2	۰	۰

جدول ۳: نتایج شبیه سازی واحد اسمز معکوس در مقایسه با نتایج [۱۷]

متغیر	مرجع [۱۷]	مقاله حاضر
M_f [m^3/h]	۴۸۵/۸	۴۸۵/۹
M_b [m^3/h]	۳۴۰	۳۴۰/۱
X_d [ppm]	۲۵۲	۲۵۲
X_b [ppm]	۶۴۱۸۰	۶۴۱۸۰
$\dot{W}_{HPP}$ [kW]	۱۱۲۷	۱۱۲۰
SPC [kW.h/ m^3]	۷/۷۳۳	۷/۶۸۲
ΔP [kPa]	۶۸۷۱	۶۸۴۴

۴-۲نتایج عددی

جدول ۴ دربرگیرنده پارامترهای خروجی دو سیستم ذکر شده، بر اساس داده های موجود در جدول ۱ می باشد. به دلیل استفاده از انرژی زمین گرمایی برای گرم کردن مجدد چرخه رانکین آلی و مهمتر از آن تحصیل بخار و توان به ترتیب در مولد بخار و توربین بخار چرخه زمین گرمایی، سیستم پیشنهادی ۳۴٪ بیشتر از سیستم پایه توان تولید می کند. . بعلاوه، از آنجا که در سیستم های پایه و پیشنهادی، پمپ فشار بالای واحد اسمز معکوس به ترتیب بخشی از توان تولیدی توربین آلی و توربین زمین گرمایی را مصرف می کند و توربین زمین گرمایی قدرت بیشتری تولید می کند، بنابراین، در سیستم پیشنهادی ۱۳۲٪ آب شیرین بیشتری تولید می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، منبع زمین گرمایی با انرژی بالا برای تقویت چرخه رانکین آلی که برای بازیابی حرارت پسماند دما بالای سیکل توربین گاز استفاده می‌شود، بسیار مؤثراست. در مقابل، چرخه خورشیدی با کلکتورهای صفحه تخت تنها می تواند برای پیش گرمایش چنین چرخه ای استفاده شود. انرژی تامین شده از طریق چرخه خورشیدی با کلکتورهای تخت و سیال کاری آب حدود ۴ درصد انرژی زیست توده برای هر دو سیستم است. در حالی که انرژی داده شده به سیستم پیشنهادی از طریق چرخه زمین گرمایی ۱۳۴ درصد انرژی زیست توده است. به نظر می رسد استفاده از چرخه خورشیدی با سایر سیالات عامل، یا انواع دیگر کلکتورها، مانند کلکتورهای سهموی و دیش کلکتورهای خورشیدی که می توانند دماهای بالاتری تولید کنند، برای تقویت چرخه های مورد استفاده برای بازیافت حرارت پسماند دما بالا مناسب تر هستند. نتیجه اینکه، سیستم پیشنهادی با داشتن ۸/۵۴۱ کیلوگرم بر ثانیه بخار آب، و همچنین توان خالص و آب شیرین بیشتر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

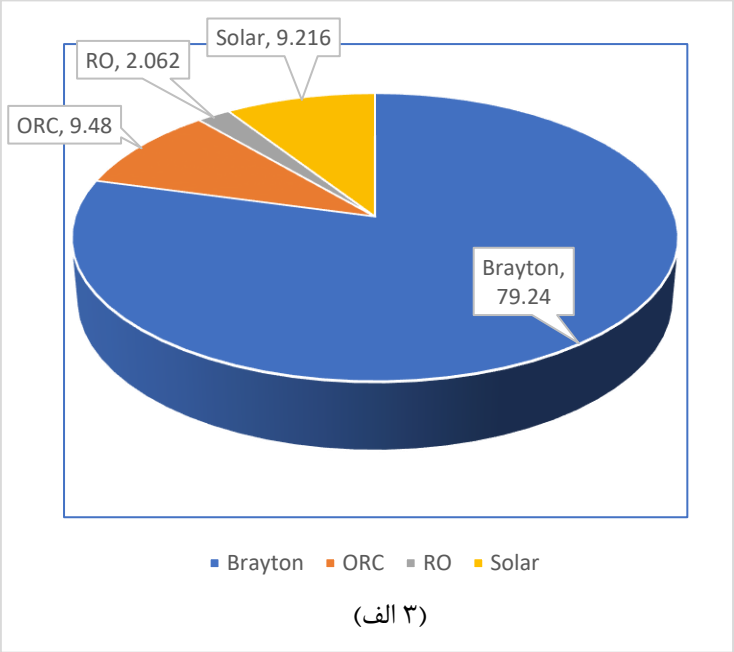
نسبت به سیستم پایه، ۴۹/۳۲٪ بازده اگزرژی بالاتری دارد. از نظر تخریب اگزرژی، به دلیل وجود اجزایی مانند مولد بخار و توربین بخار در ترکیب سیستم پیشنهادی، این سیستم ۲۳/۷۳٪ اگزرژی بیشتری را نسبت به سیستم پایه تخریب می کند.

جدول ۴: نتایج شبیه سازی و پارامترهای خروجی سیستم های ارائه شده

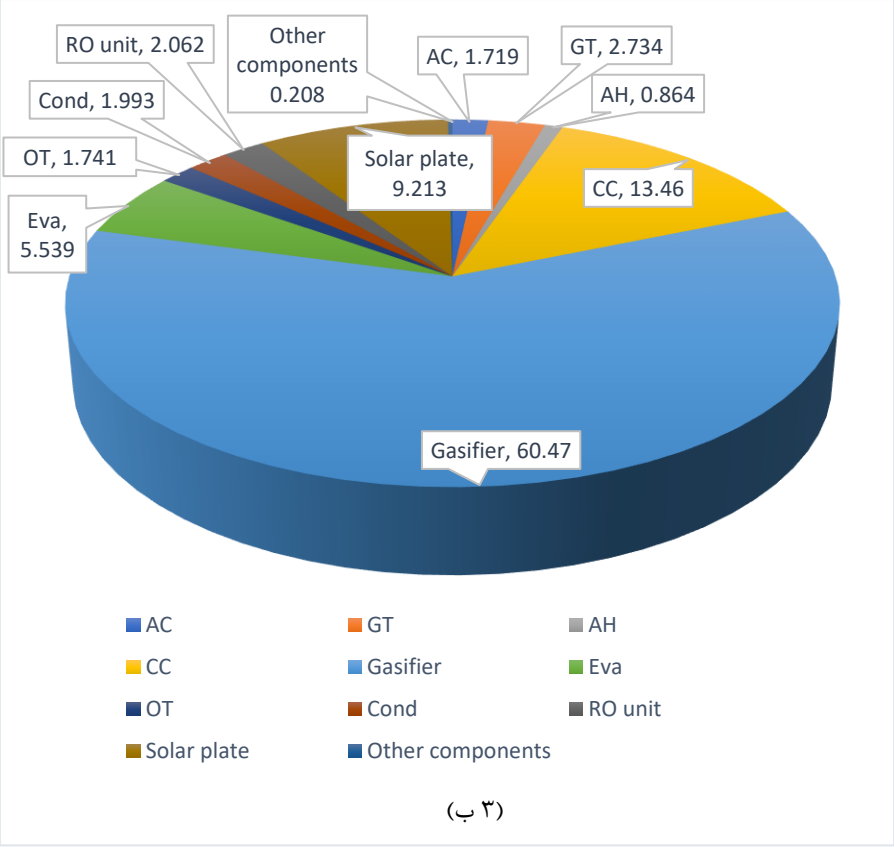
پارامتر	سیستم پایه	سیستم پیشنهادی
توان خالص خروجی (کیلووات)	۶۲۷۲	۸۴۴۴
بخار آب (کیلو.گرم بر ثانیه)	-	۸/۵۴۱
آب شیرین (کیلو.گرم بر ثانیه)	۳۵/۸۳	۸۳/۰۹
مساحت صفحه خورشیدی (متر مربع)	۱۹۰۳	۱۹۱۵
بازده اگزرژی	۲۹/۶۶	۴۴/۲۹
تخریب اگزرژی	۱۴۲۵۳	۱۷۲۰۱

سهم هر چرخه و هر جزء در تخریب اگزرژی سیستم پایه به ترتیب در شکل های ۳الف و ۳ب نشان داده شده است. با توجه به این دو شکل، سهم چرخه برایتون در تخریب اگزرژی ۷۹/۲۴٪ است، بسیار بیشتر از سایر چرخه ها. دلیل آن وجود اجزایی مانند گازساز و محفظه احتراق در این چرخه است که به ترتیب ۶۰/۴۷٪ و ۱۳/۴۶٪ از تخریب اگزرژی کلی سیستم پایه را شامل می شوند. چرخه رانکین آلی و چرخه خورشیدی تقریباً نقش یکسانی در تخریب اگزرژی سیستم پایه دارند، زیرا تعداد اجزای چرخه رانکین آلی بیشتر است و صفحه خورشیدی تخریب اگزرژی بالایی دارد. واحد اسمز معکوس با سهم ۲ درصدی کمترین نقش را در تخریب اگزرژی سیستم پایه دارد. به همین ترتیب، سهم هر چرخه و هر جزء از سیستم پیشنهادی در تخریب اگزرژی این سیستم به ترتیب در شکل های ۴الف و ۴ب نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، چرخه برایتون همچنان برجسته ترین نقش را در تخریب اگزرژی ایفا می کند. دلیل آن این است که ۵۰/۱۱٪ از کل تخریب اگزرژی این سیستم مربوط به گازساز مورد استفاده در این چرخه است. پس از آن، بیشترین سهم تخریب اگزرژی مربوط به چرخه زمین گرمایی است که به دلیل وجود مولد بخار و کندانسور زمین گرمایی در آن است. سیکل رانکین آلی، چرخه خورشیدی و سیستم اسمز معکوس در رتبه های سوم تا پنجم قرار دارند.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



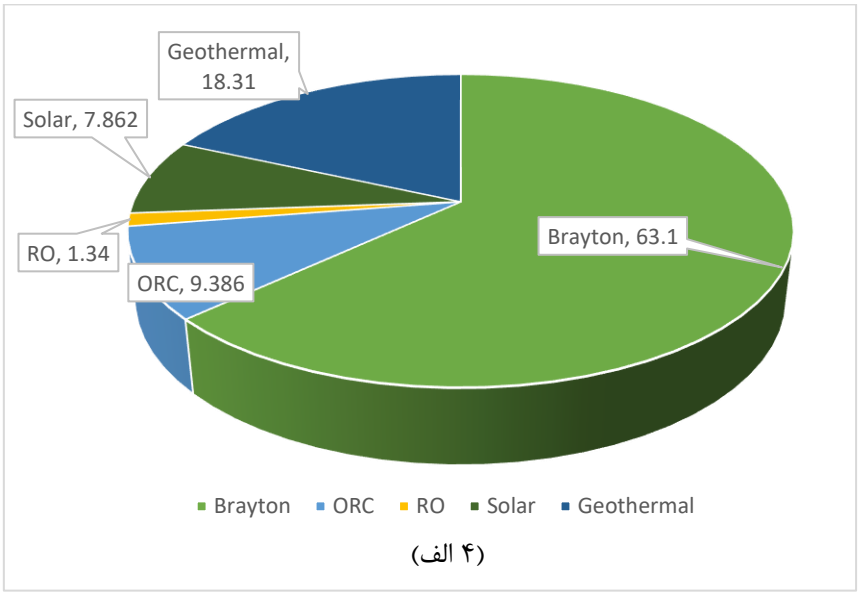
(۳ الف)



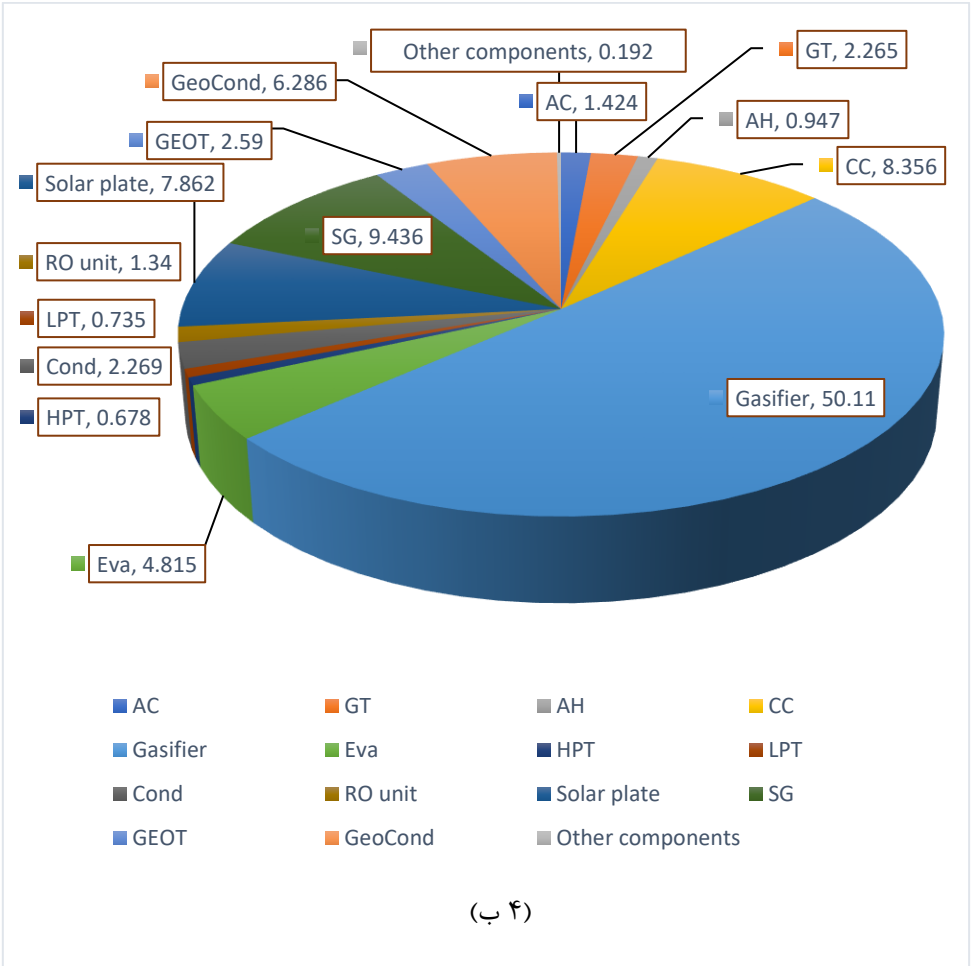
(۳ ب)

شکل ۳: سهم تخریب اگزرژی الف) هر چرخه و ب) هر جزء از سیستم پایه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



(۴ الف)



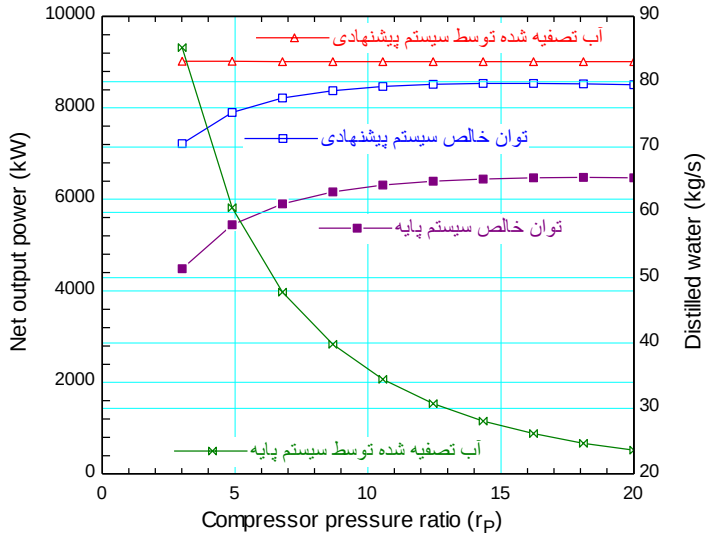
(۴ ب)

شکل ۴: درصد تخریب اگزرژی الف) هر چرخه و ب) هر جزء از سیستم پیشنهادی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

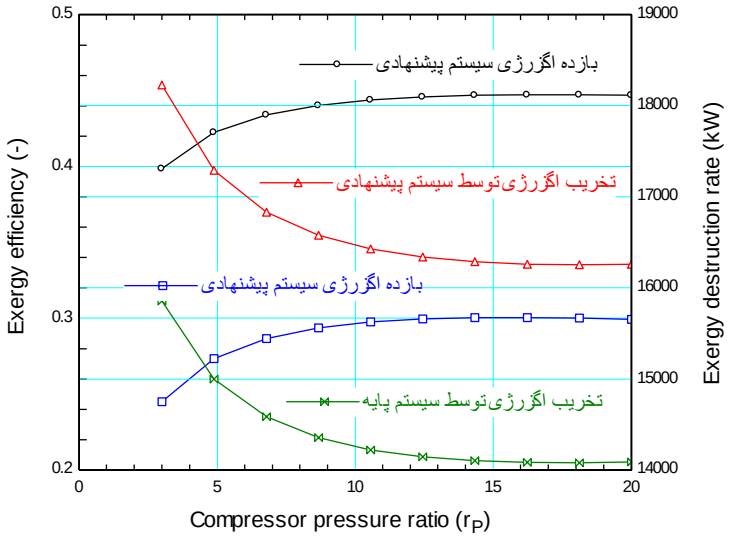
۴-۳بررسی پارامتریک

رفتار سیستم های ارائه شده تحت تغییر پارامترهای طراحی اساسی آنها در این بخش مورد بررسی قرار می گیرد. پاسخ سیستم ها از نظر بازده اگزرژی، توان خالص خروجی، مقدار آب تصفیه شده و تخریب اگزرژی ارزیابی می شود. لازم به ذکر است که اثر تغییرات یک متغیر با ثابت نگه داشتن سایر متغیرها مطابق جداول ۱ بررسی می شود. یکی از پارامترهای موثر بر رفتار سیستم ها نسبت فشار کمپرسور است که تاثیر آن بر عملکرد سیستم های ارائه شده در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۵ مشاهده می شود، توان خروجی هر دو سیستم با افزایش نسبت فشار افزایش می یابد. زیرا با رشد این پارامتر، نسبت انبساط توربین گاز و در نتیجه توان خروجی آن افزایش می یابد. اما به دلیل کاهش دمای خروجی توربین گازی و به تبع آن دمای گاز حاصل از احتراق، توان خروجی رانکین آلی کاهش می یابد. از آنجایی که پمپ فشار بالای واحد اسمز معکوس سیستم پایه توسط توربین رانکین آلی تغذیه می شود، با کاهش مصرف توان آن، میزان تولید آب شیرین نیز به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. در مقابل، مقدار آب تصفیه شده توسط سیستم پیشنهادی تغییر بسیار کمی می کند، زیرا قدرت تولیدی توربین زمین گرمایی که واحد اسمز معکوس را تغذیه می کند، تغییر چندانی ندارد. به طور کلی، مطابق شکل ۶، بازده اگزرژی هر دو سیستم افزایش می یابد. کاهش حدود ۳۰ درصدی مساحت پنل خورشیدی هر دو سیستم و افزایش جزئی گرمای تولیدی توسط مولد بخار سیستم پیشنهادی نیز از دلایل افزایش راندمان است. همچنین طبق شکل ۶، نرخ تخریب اگزرژی هر دو سیستم با رشد نسبت فشار کمرسور کاهش می یابد. در واقع، در هر دو پیکربندی، کاهش نرخ تخریب اگزرژی در چرخه های رانکین آلی و خورشیدی بیشتر از افزایش تخریب اگزرژی چرخه برایتون است.



شکل ۵: توان خالص خروجی و میزان آب تصفیه شده توسط سیستمهای پایه و پیشنهادی بر حسب نسبت فشار کمپرسور

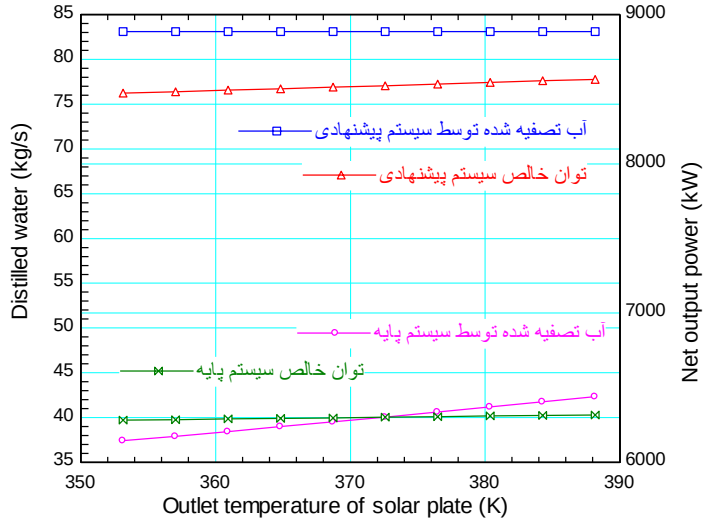
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



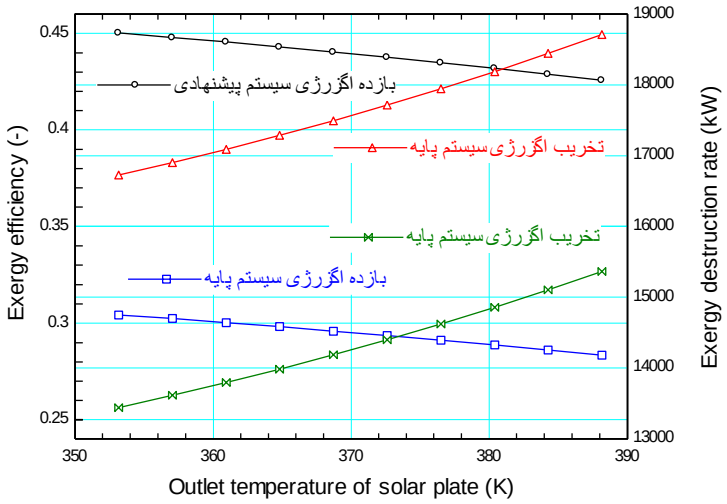
شکل ۶: بازده اگزرژی و تخریب اگزرژی سیستمهای پایه و پیشنهادی بر حسب نسبت فشار کمپرسور

شکل های ۷ و ۸ رفتار سیستم های پایه و پیشنهادی را بر حسب دمای خروجی پنل خورشیدی نشان می دهند. رشد این دما که ناشی از مساحت بزرگتر پنل خورشیدی است، باعث پیش گرمایش بیشتر سیال آلی می گردد. در نتیجه، گازهای اگزوز برایتون قادر خواهند بود سیال آلی بیشتری را در اواپراتور گرم کنند. در نتیجه، مطابق شکل ۷، توان خروجی چرخه رانکین آلی در هر دو سیستم افزایش می یابد. به همین دلیل، آب تصفیه شده توسط سیستم پایه ۱۳/۹٪ درصد افزایش می یابد زیرا پمپ فشار قوی توان بیشتری مصرف می کند. اما تغییر زیادی در آب شیرین تولید شده توسط سیستم پیشنهادی ایجاد نمی گردد. روند تغییرات بازده اگزرژی و میزان تخریب اگزرژی سیستم ها نسبت به دمای خروجی پنل خورشیدی در شکل ۸ قابل مشاهده است. افزایش ۴۳/۷۵ درصدی دمای خروجی صفحه خورشیدی نتیجه ی افزایش بیش از ۲۰۰ درصدی مساحت آن است که این موضوع افزایش تخریب اگزرژی به میزان ۱۴٪ و ۱۲٪ به ترتیب برای سیستم های پایه و پیشنهادی را در پی دارد. همچنین با افزایش این دما، با وجود افزایش توان و آب تصفیه شده، بازده اگزرژی هر دو سیستم کاهش می یابد. زیرا تأثیر افزایش مساحت پنل بر راندمان بیشتر بوده و آن را کاهش می دهد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



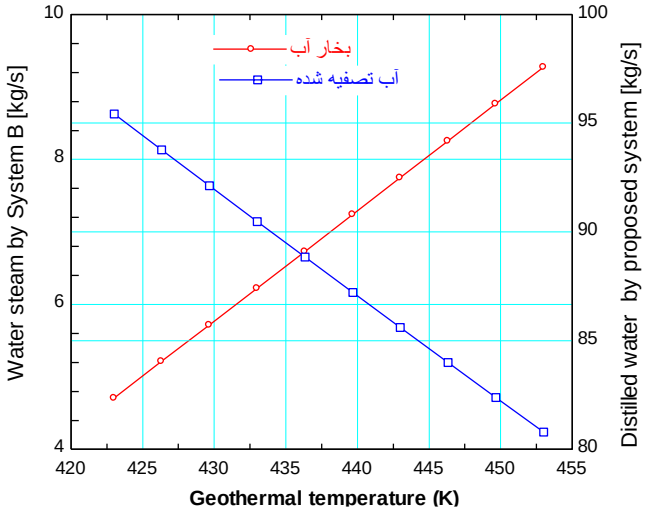
شکل ۷: توان خالص خروجی و میزان آب تصفیه شده توسط سیستمهای پایه و پیشنهادی بر حسب دمای خروجی صفحه خورشیدی



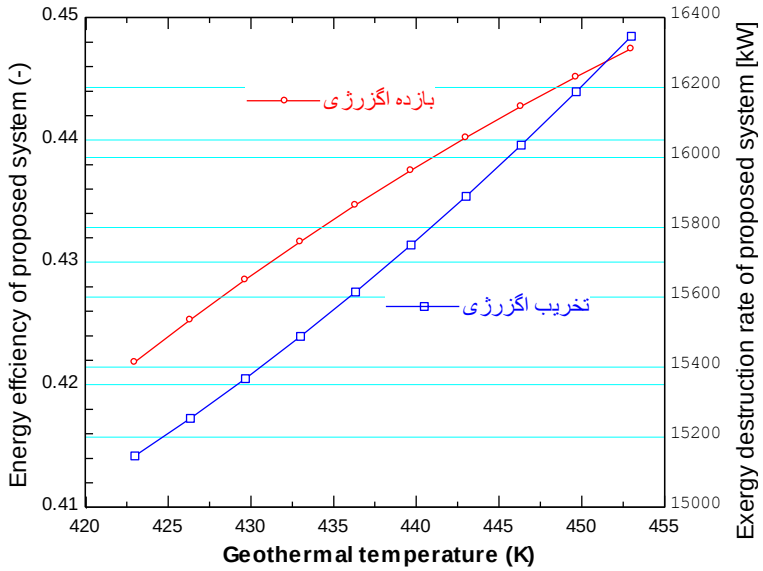
شکل ۸: بازده اگزرژی و تخریب اگزرژی سیستمهای پایه و پیشنهادی بر حسب دمای خروجی صفحه خورشیدی

تأثیر دمای ورودی سیال زمین گرمایی بر رفتار سیستم پیشنهادی در شکل های ۹و ۱۰ نشان داده شده است. دمای زمین گرمایی بالاتر، گرمای بیشتری را برای مولد بخار فراهم می کند. مصرف گرمای بیشتر توسط مولد بخار باعث کاهش دمای ورودی توربین بخار می شود و توان کمتری توسط این توربین تولید می شود که منجر به کاهش آب تصفیه شده توسط این سیستم می گردد. مطابق شکل ۹، افزایش ۷/۱ درصدی دمای زمین گرمایی منجر به افزایش ۱۰۵/۳ درصدی در تولید بخار آب و کاهش ۱۵/۳ درصدی در تولید آب شیرین می شود. در نتیجه، مطابق شکل ۱۰، بازده اگزرژی ۶٪ افزایش می یابد. تغییرات فوق، نرخ تخریب اگزرژی کل سیستم پیشنهادی را حدود ۸٪ افزایش می دهد (شکل ۱۰).

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]



شکل ۹: میزان آب تصفیه شده و بخار آب تولید شده در سیستم پیشنهادی نسبت به دمای ورودی زمین گرمایی



شکل ۱۰: بازده اگزرژی و نرخ تخریب اگزرژی سیستم پیشنهادی نسبت به دمای ورودی زمین گرمایی

۵-بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق، دو چرخه ترکیبی برایتون- رانکین آلی مبتنی بر سوخت زیست توده ارائه شده اند. یکی از چرخه ها با استفاده از انرژی خورشیدی (سیستم پایه) و دیگری با بهره گیری توامان از انرژیهای خورشیدی و زمین گرمایی (سیستم پیشنهادی) تقویت شده اند. سیستم ها از نظر اگزرژی تجزیه و تحلیل و از نظر پارامترهای خروجی مقایسه شده اند. در هر دو سیستم، یک چرخه خورشیدی با کلکتور صفحه تخت برای پیش گرم کردن سیال آلی استفاده شده است. در سیستم پیشنهادی یک چرخه زمین گرمایی شامل یک مولد بخار یک و توربین بخار نیز به پیکربندی سیستم اضافه می شود که در عین حال، به بازگرمایش چرخه رانکین آلی نیز می پردازد. در انتهای هر دو سیستم، یک واحد تصفیه آب اسمز معکوس وجود دارد. توان مصرفی پمپ

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

اسمز معکوس در سیستم های پایه و پیشنهادی به ترتیب بخشی از توان تولید شده توسط توربین آلی و توربین بخار است. یک تحلیل پارامتریک برای مطالعه تاثیر پارامترهای کلیدی بر رفتار سیستم‌ها انجام شده است. برخی از نتایج کلیدی عبارتند از:

• به دلیل گرمایش مجدد چرخه رانکین آلی و همچنین وجود توربین بخار در پیکربندی سیستم پیشنهادی، توان خالص خروجی آن ۳۴/۶٪ بیشتر از سیستم پایه است.

• پتانسیل بالای انرژی زمین گرمایی توسط سیستم پیشنهادی برای بدست آوردن بخار آب از طریق مبدل حرارتی مورد استفاده قرار می گیرد، در حالی که این امکان برای سیستم پایه وجود ندارد.

• با مصرف برق بیشتر توسط پمپ فشار بالا در سیستم پیشنهادی، ۱۳۲٪ آب شیرین بیشتری توسط این سیستم تولید می شود.

• سیستم پیشنهادی ۴۹٪ بازده اگزرژی بالاتری نسبت به سیستم پایه دارد.

• تخریب اگزرژی سیستم پیشنهادی به دلیل اجزای بیشتر در ترکیب آن ۲۳/۷۳٪ بیشتر است.

• گازساز و محفظه احتراق به ترتیب بیشترین سهم را در تخریب اگزرژی هر دو سیستم دارند. جایگاه سوم مربوط به صفحه خورشیدی و مولد بخار به ترتیب در سیستم های پایه و پیشنهادی است.

• افزایش نسبت فشار کمپرسور باعث افزایش بازده اگزرژی هر دو سیستم می شود. میزان آب شیرین تولید شده توسط سیستم پایه را کاهش می دهد و تقریبا هیچ تاثیری بر آب تصفیه شده توسط سیستم پیشنهادی ندارد.

• افزایش دمای خروجی صفحه خورشیدی منجر به افزایش بازده اگزرژی هر دو سیستم و افزایش آب تصفیه شده در سیستم پایه می گردد. مقدار آب تصفیه شده توسط سیستم پیشنهادی تقریباً بدون تغییر باقی می ماند.

• افزایش دمای ورودی زمین گرمایی در سیستم پیشنهادی، باعث افزایش تولید بخار آب توسط مولد بخار و کاهش تولید آب شیرین توسط این سیستم می گردد. همچنین بازده اگزرژی و نرخ تخریب اگزرژی سیستم را افزایش می دهد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

۶-فهرست علائم

ex	اگزرژی ویژه، kJ/kg
$\overline{ex}$	اگزرژی ویژه مولی، kJ/kmol
$\dot{E}x$	نرخ اگزرژی، kW
$\dot{E}x_D$	نرخ تخریب اگزرژی، kW
h	آنتالپی ویژه، kJ/kg
$\bar{h}$	آنتالپی ویژه مولی، kJ/kmol
M	کسر جرمی
MC	محتوای رطوبت، %
$\dot{Q}$	نرخ انتقال حرارت،kW

دما، K	T
کسر مولی	x
علائم یونانی	
نسبت اگزرژی به حرارت پایین زیست توده	β
بازده اگزرژی	ε

۷- مراجع

1. Y.Cao, L.WW Mihardjo, M.Dahari, and I. Tlili, Waste heat from a biomass fueled gas turbine for power generation via an ORC or compressor inlet cooling via an absorption refrigeration cycle: A thermoeconomic comparison, Applied Thermal Engineering (2020), https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116117
2. N.Asgari, R.Khoshbakhti Saray, and S. Mirmasoumi, Energy and exergy analyses of a novel seasonal CCHP system driven by a gas turbine integrated with a biomass gasification unit and a LiBr-water absorption chiller, Energy Conversion and Management, Vol. 220, 113096 (2020). https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113096
3. H. Nami, A. Anvari-Moghaddam, and A. Nemati, Modeling and analysis of a solar boosted biomass-driven combined cooling, heating and power plant for domestic applications, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 47, 101326 (2021). https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101326
4. V. Zare, Performance improvement of biomass-fueled closed cycle gas turbine via compressor inlet cooling using absorption refrigeration; thermoeconomic analysis and multi-objective optimization, Energy Conversion and Management, Vol. 215, 112946 (2020.) https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112946
5. Y. Ji-chao, and B. Sobhani, Integration of biomass gasification with a supercritical CO2 and Kalina cycles in a combined heating and power system: A thermodynamic and exergoeconomic analysis, Energy, Vol. 222, 119980 (2021). https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119980
6. R. Moradi, L. Cioccolanti, L. Del Zotto, and M. Renzi, Comparative sensitivity analysis of micro-scale gas turbine and supercritical CO_2 systems with bottoming organic Rankine cycles fed by the biomass gasification for decentralized trigeneration, Energy, Vol. 266, 126491 (2023). https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126491
7. H. Zhang, R. Hao, X. Liu, N. Zhang, W. Guo, Zh. Zhang, Ch. Liu, Y. Liu, Ch. Duan, J. Qin, Thermodynamic performance analysis of an improved coal-fired power generation system coupled with geothermal energy based on organic Rankine cycle, Renewable Energy, Vol. 201, 273-290 (2022). https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.10.114
8. G. Valencia Ochoa, Y. Castillo Santiago, J. Duarte Forero, J. B. Restrepo, and A. R. Albis Arrieta, A comprehensive comparative analysis of energetic and exergetic performance of different solar-based organic Rankine cycles, Energies, Vol. *16*(6), 2724 (2023). https://doi.org/10.3390/en16062724
9. M. A. Sabbagh, and M. Sefid, Exergy-environmental analysis and optimization of the modified organic Rankine cycle driven by geothermal and biomass energies, International Journal of Exergy, Vol. 40 (2) (2023). https://www.inderscienceonline.com/journal/ijex
10. E. Baniasadi, M. Ziaei-Rad, M. A. Behvand, N. Javani, Exergy-economic analysis of a solar-geothermal combined cooling, heating, power and water generation system for a zero-energy

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

building, International Journal of Hydrogen Energy (2023), https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.186

11. T. Hai, A.S. El-Shafay, A. Alizadeh, B. Singh Chauhan, S.F. Almojil, A. Ibrahim Almohana, and A. Fahmi Alali, Combination of a geothermal-driven double-flash cycle and a Kalina cycle to devise a polygeneration system: Environmental assessment and optimization, Applied Thermal Engineering, Vol. 228, 120437 (2023). https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120437

۱۲. جعفری مجید ، عصاره احسان اله، (۱۴۰۱) ارزیابی ترمودینامیکی و اقتصادی یک سیستم تولید همزمان جدید بر اساس ترکیبی از آب شیرین کن چند اثره و ذخیره ساز انرژی هوای فشرده، فصلنامه مهندسی مکانیک تبدیل انرژی، دوره ۹، شماره۳. https://civilica.com/doc/1646232

13. M. Pashapour, S. Jafarmadar, S. Khalilarya, Exergy Analysis of a Novel Combined System Consisting of a Gas Turbine, an Organic Rankine Cycle and an Absorption Chiller to Produce Power, Heat and Cold, International Journal of Engineering, Vol. 32 (9), 1320-1326 (2019). https://doi.org/10.5829/ije.2019.32.09c.13

14. E. Bellos, Ch. Tzivanidis, Z. Said, Investigation and optimization of a solar-assisted pumped thermal energy storage system with flat plate collectors, Energy Conversion and Management, 237, 114137 (2021), https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114137

15. R. Bet Sarkis, V. Zare, Proposal and analysis of two novel integrated configurations for hybrid solar-biomass power generation systems: Thermodynamic and economic evaluation, Energy Conversion and Management, 160, 411-425 (2018). https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.01.061

16. M. Pashapour, S. Jafarmadar, S. Khalilarya, Energy, exergy, and exergo-economic analyses of a novel three-generation system to produce power, heat, and distilled water, International Journal of Exergy, Vol. 35 (4) (2021). http://dx.doi.org/10.1504/IJEX.2021.117051

17. F. Musharavati, Sh. Khanmohammadi, and A. Pakseresht, Proposed a new geothermal based poly-generation energy system including Kalina cycle, reverse osmosis desalination, elecrolyzer amplified with thermoelectric: 3E analysis and optimization, Applied Thermal Engineering, 187, 116596 (2021). https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116596

۱۸. پاشاپور ملیحه، جعفرمدار صمد، و خلیل آریا شهرام (۱۴۰۱) تحلیل اگزرژو-اقتصادی یک سیستم جدید برای تولید سه گانه ی توان، گرما و آب شیرین، مجله مهندسی مکانیک دانشگاه تبریز، دوره ۵۲، شماره ۱، صفحه ۱-۱۰، 10.22034/JMEUT.2020.11061

19. Sh. Cen, Li K., Q. Liu, and Y. Jiang, Solar energy-based hydrogen production and post-firing in a biomass fueled gas turbine for power generation enhancement and carbon dioxide emission reduction, Energy Conversion and Management, Vol. 233, 113941 (2021). https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.113941

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

Two solar- geothermal enhanced biomass-driven combined cycles to produce power, heating, and fresh water; Exergy analysis

Maliheh Pashapour[1*]

[1*]Department of Mechanical Engineering, Naghadeh Branch, Islamic Azad University, Naghadeh, Iran

Received: February 2024 Accepted: May 2024

Abstract

In this article, a combined cycle for multiple production of power, steam and fresh water is proposed and its outputs are compared with a basic cycle. The main fuel of both systems is biomass, which burns in the gas turbine cycle and produces power. Then the waste heat of this cycle is recycled by an organic Rankine cycle. A solar cycle with the flat plate collectors is used to preheat the organic fluid before entering the ORC's evaporator. Also, the proposed cycle has a geothermal cycle which, in addition to reheating the organic Rankine cycle, is used to generate steam in a steam generator and run a steam turbine. Both the proposed and basic systems are equipped with a reverse osmosis desalination unit, whose high-pressure pump power is supplied from organic and steam turbines, respectively. The designs have been analyzed and simulated in term of exergy. Compared to the basic system, the proposed system has 34%, 131%, 100%, and 49.32% more output power, purified water, steam, and exergy efficiency, respectively.

Keywords: Exergy, gas turbine, biomass, solar, geothermal, reverse osmosis desalination

.

*corresponding author: m.pashapour@urmia.ac.ir

Cite this article as: Maliheh Pashapour. Two solar- geothermal enhanced biomass-driven combined cycles to produce power, heating, and fresh water; Exergy analysis. Journal of Energy Conversion, 2024, 11(2), 61-81.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]