

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



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵



بازیافت حرارتی آب خنک کاری موتورهای احتراق داخلی با سیکل رانکین وسیال مبرد

ادریس صدرمحمدی^۱ فرید قدمی^۲ رامین قاسمی اصل^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک- دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، edrissadr@yahoo.com

^۲ مربی گروه مکانیک، دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، mania.farid@gmail.com

^۳ عضو هیات علمی دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، Info@ghsemiasl.ir

چکیده - در این مقاله بر روی بازیافت حرارتی از سیال خنک کاری جهت افزایش بازده خروجی موتورهای احتراق داخلی از سیکل رانکین استفاده شده است، برای افزایش این بازدهی و جهت استفاده از پتانسیل گرمایی بالا به همراه کاهش دمای آب مدار خنک کاری در بلوک موتور، نیاز به یک سیکل توانی پایین دست مناسب دارد، تا اجازه بازیابی گرمای اتلافی را فراهم نماید. ارزیابی بازدهی، ایمنی، هزینه و پارامترهای محیطی در این کار با استفاده از ویژگی‌های سیالات و شبیه سازی ترمودینامیکی سیکل رانکین آلی مناسب صورت گرفته است. در این روش ۶ حالت (سیکل) از ۱۰ سیال آلی، غیر قابل اشتعال را مورد بررسی قرار داده و رفتارهایی از قبیل بازده حرارتی، امنیت، هزینه و محیط زیست را برای این سیالات نشان داده است. نتایج ثبت شده نشان می‌دهد که با به کارگیری از سیکل دوگانه ترکیبی از سیکل موتورهای احتراق داخلی (بالادست) و سیکل رانکین ارگانیکی (پایین دست) DRORC که از سیال SES36 بهره گرفته است، با افزایش بازده الکتریکی و مکانیکی به ترتیب ۷/۱۵ و ۵/۳ درصدی روبرو است. همچنین در سیکل RORC تکی با استفاده از مبرد وسیال R230fa و سیکل RRORC با سیال ffR134a که به نظرمی‌رسد سیکل‌های عملیاتی باشند، بازدهی الکتریکی خالص را حدود ۶/۵۵ درصد و بازدهی مکانیکی موتورهای احتراق داخلی را تا ۴/۹ درصد افزایش می‌دهند.

کلید واژه- تکنولوژی (ORC)، تولید برق، حرارت اتلافی، سیال کاری، سیکل رانکین



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵



۱- مقدمه

یک نیروگاه برق نیز سیکل آلی رانکین نامیده می شود. [۵] [در استفاده و بهره گیری از این نوع سیکل های کاری با نگرانی های زیست محیطی، از قبیل نازکتر شدن لایه ازن، هشدارهای گرم شدن کره زمین و عمر کوتاه اتمسفریک روبرو هستیم. بنابراین محققان تمام تلاش شان را بر روی ارائه راه کارها و پروپوزال های مناسب متمرکز کرده اند [۶]. محققان دیگر نیز تمام تلاش شان را بر روی ویژگیها و ساختار (GWP) متمرکز کرده اند تا بتوانند سیال و مبردهای R134a, R1234yf و R123 را با SES36 و HFE7000 جایگزین کنند. گلود باری و همکارانش سیکل دو مرحله از طریق بازیافت انرژی از سیکل رانکین رادر بررسی نموده اند [۷]. همچنین فاضلی و یسری [۸] بازیافت حرارت اتلافی برای تولید را برق با استفاده از سیکل رانکین آلی مورد بررسی قرار داده و نتایج آن را ثبت نموده است.

در این مقاله ویژگیهای یک سیکل ORC مناسب با استفاده از سیال کاری غیرقابل اشتعال که از لحاظ تجاری مقرون به صرفه و در دسترس باشد بیان شده است. راه حل مناسب برای بازیافت گرمای سیال خنک کاری موتورهای احتراق داخلی بدست آمده است. در بخش دو، سیکل رانکین ویژگیهای گرمای سیال خنک کاری موتورهای احتراق داخلی تجاری نیز طبقه بندی شده است. در بخش سه، بازیافت حرارتی آب خنک کاری و تکنولوژی توان پایین دستی در این مقاله آورده شده است. ویژگی سیال مبرد و شرایط زیست محیطی به طور خلاصه در بخش چهار آورده شده است. در بخش پنجم نیز مقایسه سیکل های پایین دستی رانکین آلی و در در بخش شش بررسی و نتایج بدست آمده از سیکل های پایین دستی، آورده شده است و در بخش هفت نتیجه گیری شده است.

با افزایش استانداردهای زندگی، استفاده از انرژی به میزان بی سابقه ای افزایش یافته است. اما نارضایتی های عمومی در مورد حفاظت از محیط زیست و خواست جوامع برای حصول کیفیت بهتر زندگی مانع از گسترش منابع انرژی شده است. از این رو، به جای گسترش منابع انرژی با قابلیت استفاده مجدد، بازیافت حرارت اتلافی و ترکیب سیستم های انرژی، راه حلی برای بهره برداری بهینه از منابع محدود انرژی موجود خواهد بود. [۱]

تولید برق از طریق موتورهای احتراق داخلی (IECs) با توجه به تنوع بالقوه ای که در بهره وری و نوع سوخت موتورهای احتراق داخلی وجود دارد کاربردهای متنوع وسیع تا تولید ۱۰ مگاوات برق را پوشش می دهد. این انعطاف پذیری نه تنها در مورد موتورهای احتراق داخلی به عنوان یک فن آوری برتر در زمینه حمل و نقل نمود پیدا کرده است [۲]، بلکه به عنوان اولین انتخاب در مقیاس کوچک تولید هم زمان برق و حرارت با توجه به پتانسیل بالای بازیابی حرارتی خود، از گازهای خروجی آگروز و آب خنک کننده به تصویب رسیده است [۳]. درجه حرارت بالا در ارتباط با گازهای خروجی از آگروز، منجر به مطالعه در مورد چرخه قدرت به عنوان یک راه کار موثر برای بهره وری و به کارگیری از حرارت آگروز توسط تیان و تیم همکارانش شده است [۳]. دولزو همکارانش برای تولید الکتریسیته از طریق سیکل رانکین، با حرارت آگروز موتورهای احتراق داخلی دیزلی را بکار گرفته [۴].

یک نیروگاه برق نیز یک سیستم ORC یکپارچه می باشد که الکتریسته از انرژی گرمایی تولید می کند. نیروگاه برق بر مبنای سیکل ORC برای توربین های بخار سیکل بسته استفاده می شود، اما به جای استفاده از آب به عنوان سیال عامل، از یک سیال سیکل آلی بهره گیری می شود. از این رو



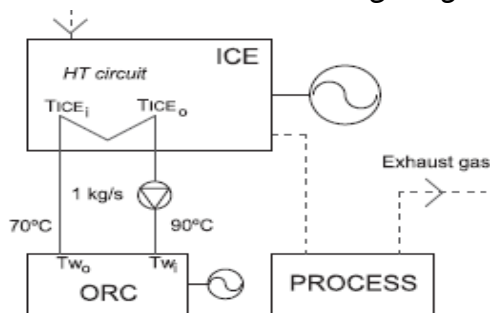
اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵



۳- بازیافت حرارتی آب خنک کاری و تکنولوژی توان

پایین دستی

اغلب از توان موجود در آب خنک کاری بلوک موتور مورد بهره برداری نمی شود و اغلب به محیط پیرامونی تخلیه می شود و یا با توجه به اینکه سیکل رانکین مورد استفاده در موتورهای احتراق داخلی و یا سایر صنایع دارای اتلاف حرارتی زیادی می باشد. لذا جهت استفاده بهینه از این حرارت و انرژی نهفته، طبق شکل ۲ از سیکلی بنام سیکل رانکین آلی پایین دستی، با سیالات کاری مختلف با پیکره بندی سیستمی بررسی می شود تا اجازه دستیابی به بازیافت حرارتی امکان پذیر باشد. با در نظر گرفتن اینکه پارامترهای تحلیل شده برای دستیابی به ویژگیهای مناسب نظیر بازدهی الکتریکی، فشار سیستم، نسبت سایز توربین و معیار گزینش مایعات کاری مستقل از توان نامی موتورهای احتراق داخلی هستند، جریان وزنی ثابت با یک کیلوگرم بر ثانیه در نظر گرفته شده است، تا بتوان نتایج حاصله را به هر موتوری تعمیم داد. ایده اولیه این کار در شکل ۲ نشان داده است.



شکل ۲: سیکل رانکین آلی پایین دستی [۹]

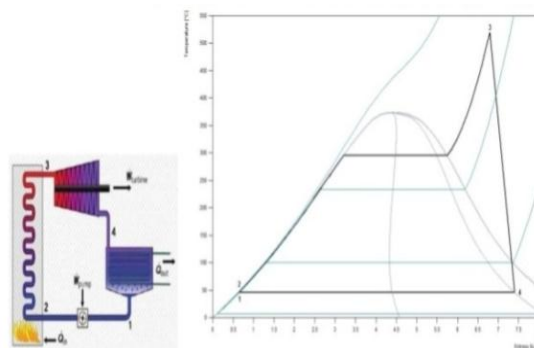
۴- ویژگی سیال مبرد و شرایط زیست محیطی

انتخاب سیال کاری اثر زیادی بر بازدهی سیستم با هر پیکره بندی سیکل رانکین آلی دارد. به همین خاطر معیارهای گزینش مختلفی در مقالات برای انتخاب این نوع از سیالات

۲- سیکل رانکین :

سیکل رانکین کلاسیک طبق شکل یک از یک پمپ، توربین، بویلر یا اواپراتور و کندانسور تشکیل شده است که آب بعنوان سیال کاری در این سیکل مورد استفاده قرار می گیرد. این سیکل توانایی تبدیل گرما به کار مکانیکی را دارد. سیکل آلی رانکین سیکلی است، که در آن سیال آلی به عنوان سیال کاری استفاده شده است [۷].

آب خنک کاری که برای خنک نمودن بلوک موتورهای احتراق داخلی مورد استفاده قرار میگیرد در آن دمای آب به ندرت از ۹۰ الی ۹۵ درجه سانتی گراد تجاوز می نماید تا مانع تغییر فاز گردد (از دمای بالاتر از ۹۵ منجر به بخار سوپرهیت خواهد شد که به موتور آسیب می رساند) و بیشترین دمای بازگشتی معمولاً بین ۷۰ الی ۸۵ درجه سانتی گراد است. لذا برای کلیه سیکل ها و محاسبات دمای خروجی از بلوک موتور ۹۰ و دمای بازگشتی ۷۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شده است.



شکل ۱: دیاگرام دما- آنترپی سیکل رانکین [۷]



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵



پیشنهاد شده است.

- فشار پایین کاری که بر اساس این فشار هزینه تجهیزات عملیاتی کاهش می یابد
- ثبات شیمیایی سیال کاری در بیشینه دمای کاری
- ویژگیهای دوستدار محیط زیست از قبیل ODP خنثی، WP پایین و ALT کوتاه

جدول یک ویژگیهای ترموفیزیکی مانند دمای بحرانی و فشار بحرانی، کلاسه بندی شیب ها، آیتم سمی بودن (PEL)، ویژگیهای زیست محیطی ۱۰ سیال کاری که در این مطالعه در نظر گرفته شده است را نشان می دهد. مشاهده اطلاعاتی که در جدول یک آورده شده است. این نتیجه را خاطر نشان می کند که سیالات مبرد (NOVEC (HFE7000 and C649)، کمترین GWP و کوتاه ترین ALT را در مقایسه با میزان بالای این مقادیر در سیالات R236fa، RC318 و R218 دارند.

در مورد سیالات NOVEC و R245fa امنیت در مقابل ویژگیهای سمی بودن جای نگرانی دارد. (چون این سیالات سمی هستند و باید راهکارهای مقابله با سمی بودن آنها لحاظ گردد). مبردهای R125lfv و R134a سیالیتی هستند که در مرحله انبساط نیاز به بخار سوپر هیت دارند تا از مایع شدن آنها جلوگیری شود. (این سیالات باید در فاز سوپر هیت واقع گردند تا مایع نشوند)

جدول یک - ویژگیهای سیالات کاری [۹]

Fluid	Crit. T (K)	Crit. P (MPa)	Slope	PEL (ppm)	ALT (yr)	ODP	GWP
R134a	374.2	4.1	Isent.	1000	14	0	1430
R245fa	427.2	3.7	Isent.	300	7.6	0	1030
R227ea	374.9	2.9	Isent.	1000	34.2	0	3220
RC318	388.4	2.8	Dry	1000	3200	0	10,300
R236fa	398.1	3.2	Isent.	1000	240	0	9810
SES36	450.7	2.8	Isent.	n/a	n/a	0	n/a
R125	339.2	3.6	Wet	1000	29	0	3500
R218	345.0	2.6	Isent.	1000	2600	0	8830
Novect649	441.8	1.9	Dry	150	0.014	0	1
Novect7000	437.6	2.5	Dry	75	4.1	0	420

مایعات آلی کاری (سیال عامل) را میتوان با توجه به شیب منحنی بخار اشباع آنها در نمودار دما-آنتروپیک به سه دسته مایع خشک، مایع مرطوب و مایع آیزنتروپیک طبقه بندی کرد. مایع خشک (به عنوان مثال ان-پنتان) دارای یک شیب مثبت است، در حالی که یک مایع مرطوب (به عنوان مثال آب) دارای شیب منفی و مایع آیزنتروپیک (به عنوان مثال R123) دارای شیب بی نهایت بزرگ است. سوپر هیت کردن سیال ورودی به توربین در سیالات مرطوب مفید است (مثل سیال آب)، اما سوپر هیت کردن سیالات خشک (مانند R123) مفید نیست شایان ذکر است که در کاربردهای عملی، کمی سوپر هیت کردن میتواند برای بهره برداری از توربین مفید باشد. سوپر هیت کردن میتواند تضمین کند که تنها بخار وارد توربین میشود. مخلوط بخار و مایع میتواند به پره های توربین صدمه بزند و باعث کوتاه شدن عمر عملیاتی توربین شود [۱۰].

به دلیل مسئله چگالش در حین انبساط، اغلب سیالات تر نامناسب تلقی می شوند، زیرا به توربین آسیب می رساند [۱۱]. علاوه بر این سیالات آیزنتروپیک و خشک برای بازدهی بالاتر پیشنهاد می شوند [۱۲]، اما بخار سوپر هیتی را که برای جلوگیری از تشکیل قطرات مایع در حین انبساط تزریق می نمایند خود باعث افزایش سیالات مرطوب در مقایسه با سیالات خشک می گردند. با این حال در این طرح آیزنتروپیک تر و سیالات خشک در نظر گرفته شده اند [۱۳]. افزون بر این، اثر سوپر هیت نیز به خاطر تاثیر مثبتی که می تواند در پیکره بندهای خاص سیال کاری و دمای منبع داشته باشد، در نظر گرفته می شود [۱۴]. معیارهای دیگر برای نمایش سیال کاری بر اساس ترموفیزیک، امنیت و ویژگیهای محیطی و به صورت زیر خلاصه شده است:

- گرمای نهان تشکیل بخار سیال کاری که بستگی به بازده دارد.
- حجم ویژه سیال کاری برای بهره گیری از توربین های



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵

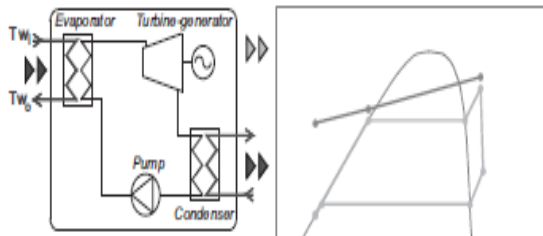


۵- مقایسه سیکل های پایین دستی رانکین آلی:

حالت‌های مختلف و ایده آل سیکل رانکین آلی برای بازیافت حرارتی در طول دیگرمادما - آنتروپی در ۶ فرآیند هر سیستم پرداخته خواهد شد.

۵-۱- سیکل پایه رانکین آلی (BORC)

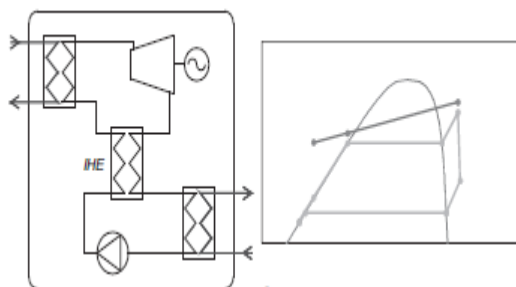
این نوع از پیکره بندی از انواع متنوع و مختلف سیکل رانکین، ساده ترین سیکل ممکن BORC است که در شرایط زیر بحرانی کاری کند و کمترین اجزا پیکره بندی را دارا است. سیال کاری پمپ شده از طریق مبدل حرارتی جریان می‌یابد تا گرمای موجود را از منبع دریافت نماید. بالاترین آنتالپی مدار در توربین کاهش داده می‌شود تا توان مکانیکی ایجاد نماید که در ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل شود. برای بستن حلقه، سیال مایع، سرد دوباره پمپ می‌گردد. (شکل ۳)



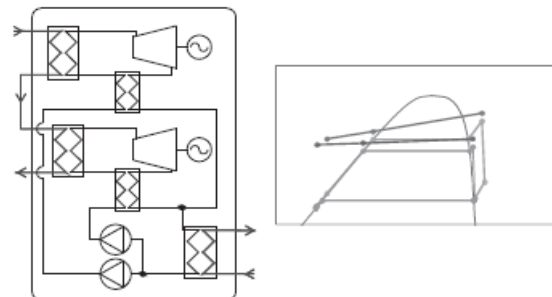
شکل ۴- سیکل بازیابی رانکین آلی (RORC) [۹]

۵-۳- سیکل دوگانه بازیابی رانکین آلی (DRORC)

این سیستم معادل با دو سیکل RORC است که در دو مرحله متفاوت و کندانسوری تک کار می‌کند. عیب این روش به دلیل ساختار پیچیده ای است که نیاز به هزینه بالایی دارد. (شکل ۵)



شکل ۵- سیکل بازیابی رانکین (DORC) [۹]



شکل ۳- سیکل پایه رانکین (BORC) [۹]

۵-۴- سیکل بازیاب پیش گرمکن رانکین آلی (RRORC)

می‌توان با مراحل سوپرهیت کردن و یا سوپر هیتینگ بالا به عنوان سیکل بازگرمایی به سیستمی با فشار کاری پایین دست یافت. واضح است که بازیاب کننده در مقایسه با سایر سیکل‌ها عملکرد بهتری دارد زیرا دمای بالاتری در خروجی از توربین دوم حاصل می‌شود، همچنین در مقایسه با سیکل DRORC مدار با پیچیدگی کمتری دارد. این چارچوب (پیکره بندی)، نسبت به بقیه پیکره بندی‌ها به سیکل پایه رانکین آلی شبیه تر است. اما انبساط در فشار متوسط صورت می‌گیرد و به بالاترین دما بازگرمایی شده و دوباره منبسط می‌شود و به

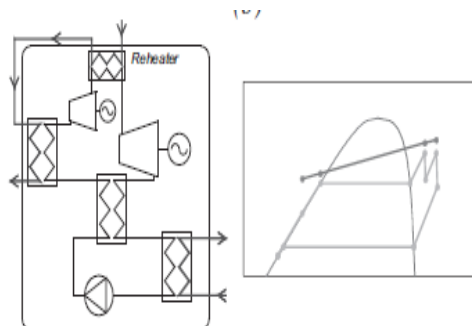
۵-۲- سیکل بازیابی رانکین آلی (RORC)

این سیکل مشابه سیکل BORC است اما شامل یک مبدل گرمایی داخلی به عنوان بازیاب کننده است. این سیستم با استفاده از گرمای تلف شده از خروجی توربین به پیش گرمکن و سیال تحت فشار باعث بهبود تطابق گرمایی می‌شود که در نتیجه باعث کاهش بار گرمایی وارد شده بر کندانسور می‌شود. (شکل ۴)

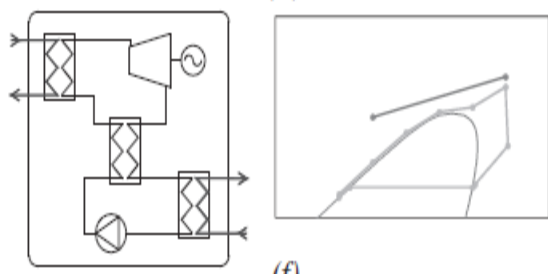
مبدل حرارتی بازگرمایش، ژنراتور توربین و توربین اضافی نیاز است که باعث افزایش هزینه ها می شود. (شکل ۶)

۵-۶- سیکل بازیاب فوق بحرانی رانکین آلی (TRORC)

سیکل فوق بحرانی در بالای نقطه بحرانی کار می کند و از ناحیه دو فازی در حین اکتساب گرما اجتناب کرده و تطابق گرمایی را بهبود می بخشد. در این مطالعه دو سیال کاری غیر قابل اشتعال R125 و R218 با نقطه بحرانی پایین تر از ۹۰ درجه سانتی گراد انتخاب شده اند. (شکل ۸)



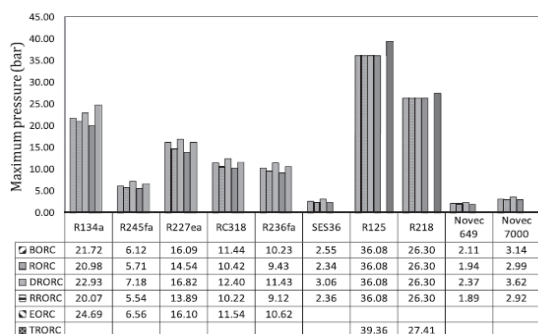
شکل ۶- سیکل بازیاب پیش گرمکن (RRORC) [۹]



شکل ۸- سیکل بازیاب فوق بحرانی رانکین آلی (TRORC) [۹]

۶- بررسی خروجی سیکل های پایین دستی

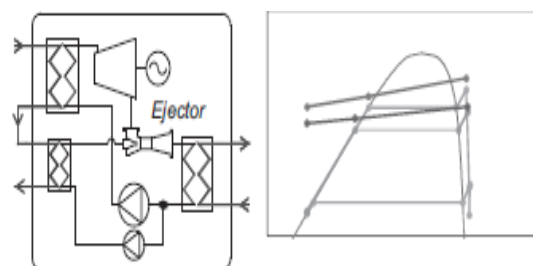
با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی های هر پیکره بندی و سیال کاری برخی از معیارها در رابطه با امکان پذیری سیستم نظیر فشارکاری، سائز توربین و بازدهی قابل دستیابی است. از این رو در اولین مطالعه که در شکل ۹ نشان داده شده است فشار کاری ماکزیمم سیستم مقایسه شده است.



شکل ۹- نتایج شبیه سازی فشار برای سیکل ها [۹]

۵-۵- سیکل بازیاب پیش گرمکن رانکین آلی (RRORC)

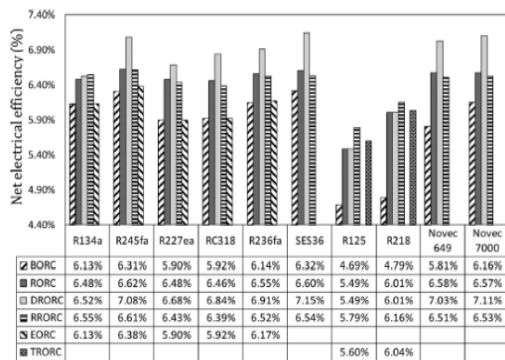
این سیستم تطابق گرمایی را با بخار کننده (اوپراتور) مرحله دوم افزایش می دهد که بخار به عنوان سیال اولیه Ejector عمل می کند. مطابق با فشار و دبی جرمی، گام دوم بخار موجود در خروجی توربین مکش می شود که باعث افزایش فشار تفاضلی و بهبود بازدهی الکتریکی می شود. احتمالاً این سیستم بهتر از سایر پیکربندی ها است زیرا محدودیتی در دمای بازگشتی گرمای منبع حرارتی ندارد، اما انتظار بازدهی بالا در منابع گرمایی محدود دمای بازگشتی وجود ندارد زیرا آب خنک کننده از فشار کم مانند سیالات SES36، NOVEC، نقطه بحرانی پایین مانند R135 و R218 با این پیکره بندی قابل دستیابی نیستند. مدل Ejector توسعه داده شده بر اساس پایستگی انرژی دبی جرمی و معادلات تکانه است. (شکل ۷)



شکل ۷- سیکل رانکین آلی حاوی دافع (EORC) [۹]



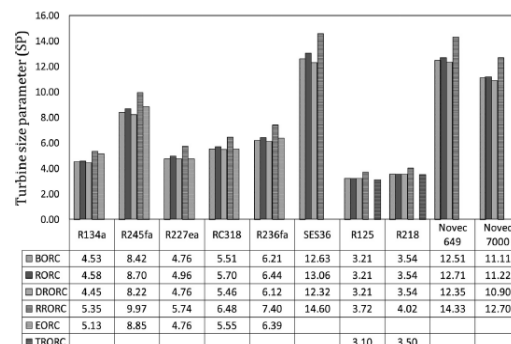
بیشتر از سایز پیکره بندی است اما نیاز به ساختار پیچیده تر و اجزای اصلی دوبرابرسیکل ORC دارد. پیکره بندی بعدی که بازدهی قابل توجهی دارد RORC تکی است به عبارت کلی تمامی گزینه ها در مقایسه با BORC بازدهی را بالا می برند. استفاده از EORC به دلیل فشار پایین قابل حصول مناسب نیست کسر زیادی از انرژی گرمایی برای بخار کردن سیال به کار می رود که در نتیجه ظرفیت انبساط را کاهش می دهد. سیکل های فوق بحرانی در مقایسه با سایر گزینه ها بازدهی بالاتری فراهم نمی آورند



شکل ۱۱ - شبیه سازی بازده الکتریکی [۹]

با در نظر گرفتن سیالات SES36 بهترین انتخاب برای DRORC است که بازدهی خالص در حدود ۷/۱۵ درصدی فراهم می آورد. همچنین R245fa نیز به عنوان یک پیشنهاد سودمند در نظر گرفته می شود که بازدهی الکتریکی خالصی در حدود ۶/۶۶ درصدی دارد. این ساختار ساده با R236fa بدون سم و آلاینده گی می تواند به بازدهی خالص ۶/۵۵ درصدی برسد. اما دارای GWP و ALT بالایی است که پیشرفت های بعدی را محدود می سازد. بازدهی مشابهی را می توان با سیال R236fa بدست آورد اما دارای مقادیر پایین تر GWP و ALT است و کمی سمی. لذا با تمهیدات لازم می توان به بازدهی الکتریکی خوبی دست یافت. شکل ۱۲ بازدهی الکتریکی خالص تجهیزات تجاری طبق مستندات سازندگان موتورهای احتراق داخلی و تاثیرات و افزایش بازدهی آنها با

مشاهده می شود که فشار دراصل وابسته به سیال کاری است نه پیکره بندی سیستم. تحلیل سیالات کاری نشان می دهد که سیالات با نقاط بحرانی پایین نظیر R135 و R218 نه تنها درسیکل های بحرانی بلکه در هر پیکره بندی نیازمند فشار کاری بالا هستند که این امر فشار قابل تحمل را در دستگاه ها افزایش داده و هزینه سرمایه گذاری و نگهداری نیز افزایش می یابد سیالات باقی مانده با فشارهای پایین تر کار می کنند مثلا SES36 و NOVEC. اما این سیالات دارای فشار میعان پایین تر از فشار اتمسفر هستند. با تحلیل پارامتر سایز توربین، انتظار می رود که مقدار کمی ابعاد توربین و در نتیجه هزینه مربوطه کاهش یابد. نتایج شکل ۱۰ نشان می دهد که سایز توربین به شدت وابسته به سیال کاری است.



شکل ۱۰ - شبیه سازی سایز توربین در سیکل ها [۹]

شکل ۱۰ - شبیه سازی سایز توربین در سیکل ها [۹]
SES36، NOVEC و R245fa سیالاتی هستند که نیاز به بالاترین سایز توربین دارند و سیالات R218 و R125 نیاز به توربین های کوچکتر دارند. بنابراین می توان گفت که فشار و سایز توربین به سیال وابسته است و همچنین بیشترین فشار مدار رابطه ای عکس با سایز توربین دارد. در نتیجه سیکل های محتمل نیازمند سیالات متوسط می باشند تا اجازه بازیابی رافراهم کنند، مثلا سیالات RB4a، R227ea و RC318 و R236fa.
بر خلاف چارت های قبلی بازدهی الکتریکی در شکل ۱۱ وابسته به پیکره بندی است نه سیال کاری. DRORC اجازه دستیابی به بازدهی الکتریکی بالایی را فراهم می آورد که بسیار



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵

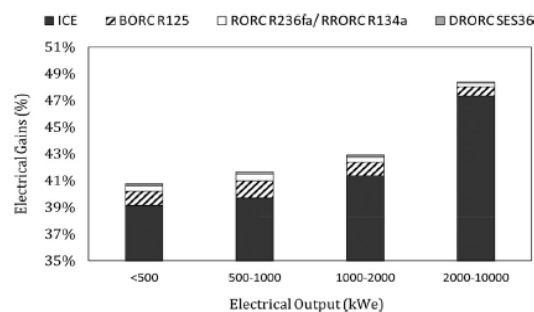


ایمنی، هزینه و پارامترهای محیطی در این کار با استفاده از ویژگیهای سیالات و شبیه سازی ترمودینامیکی پیکره بندی های سیکل رانکین آلی مناسب صورت گرفته است. در اولین نمونه معیار غربالگری بر اساس بازدهی رابطه زیادی با پیکره بندی دارد اما سایز توربین، فشار کاری، ایمنی و پارامترهای محیطی وابسته به سیال کاری هستند.

پر بازده ترین بازیابی گرمایی اتلافی با استفاده از پیکره بندی سیکل بازیاب دوبل (double regenerative) و سیال BORC به این که بدترین بازدهی مربوط به سیکل BORC با سیال R125 عنوان سیال کاری قابل حصول است. این سیستم بازدهی الکتریکی خالص برابر ۷/۱۵ درصد ایجاد می کند که متناظر با افزایش بازدهی الکتریکی موتورهای احتراق داخلی تا ۵/۱۳ درصد است. بهره مندی های مشابهی را می توان با استفاده از سیالات NOVEC بدست آورد که دارای کمترین مقادیر GWP و ALT هستند. اما این سیالات نیاز به توربین های بزرگ و شرایط عملیاتی تحت فشار دارند که در دسر ساز است. تحلیل های دقیق تر بر روی امکان پذیری سیستم نشان می دهد که بهبودهای کوچک در سیکل BORC بهره های مشابهی را در مقایسه با ساختارهای پیچیده تر فراهم می نماید و از این رو سیکل RORC و RRORC جایگزین های مناسبی هستند. سیالات کاری نظیر R134a، R227ea، RC318 و R236fa می توانند انتخاب های خوبی باشند. بنابراین سیکل RORC تکی با استفاده از میبرد وسیال R230fa و سیکل RRORC با سیال R134a با GWP پایین و ALT بالا به نظر می رسد که سیکل های عملیاتی باشند که بازدهی الکتریکی خالص را حدود ۶/۵۵ درصد و بازدهی مکانیکی موتورهای احتراق داخلی را تا ۴/۹ درصد فراهم خواهد کرد.

استفاده از میبردها به عنوان سیال کاری درشش سیکل، بررسی و مقایسه شده است، که بیشترین مقدار بازدهی خالص متناظر با سیکل RORC و استفاده از سیال SES36 به عنوان سیال کاری است.

بازدهی میانی با استفاده از سیکل RORC و R236fa به عنوان سیال کاری و RORC134a به عنوان سیال کاری قابل وصول است. این چارت اهمیت سیکل پایین دستی برای افزایش توان خروجی، نشان می دهد که بازده الکتریکی را بدون سوخت اضافه تا ۵/۳ درصد افزایش می دهد. بنابراین بهبودهای کوچک در سیکل BORC و استفاده از سیالات کاری مناسب فواید مشابهی در مقایسه با سیستم های پیچیده دارد. از این رو سیکل RORC تک و سیکل RRORC می توانند جایگزین های مناسب برای تولید توان سیکل های پایین دستی باشند که بازدهی الکتریکی را تا ۴/۹ درصد افزایش می دهد.



شکل ۱۲- بازده الکتریکی سیکل پایین دستی [۹]

۷- نتیجه گیری

پتانسیل گرمایی بالا به همراه کاهش دمای آب مدار خنک کاری در بلوک موتور نیاز به سیکل توانی پایین دست مناسب دارد تا اجازه بازیابی گرمای اتلافی را فراهم نماید. ارزیابی بازدهی،



اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی (NCTAE2016)
واحد تهران غرب، ۲۱ بهمن ماه ۱۳۹۵



منابع

- [1] محمدرضا محمدی نائینی "ترکیب سیکل ها به منظور..." نشریه انرژی ایران، سال نهم، شماره ۲۰، ابان ۱۳۸۳
- [2] C. Sprouse III, C. Depcik, Review of organic Rankine cycles for internal combustion engine exhaust waste heat recovery, Appl. Therm. Eng. 51 722-(2013) 711.
- [3] H. Tian, G. Shu, H. Wei, X. Liang, L. Liu, Fluids and parameters optimization for the organic Rankine cycles (ORCs) used in exhaust heat recovery of internal combustion engine (ICE), Energy 47 (2012) 125e136.
- [4] V. Dolz, R. Novella, A. García, J. Sánchez, HD diesel engine equipped with a bottoming Rankine cycle as a waste heat recovery system. Part 1: study and analysis of the waste heat energy, Appl. Therm. Eng. 36 (2012) 269e278.
- [5] محمد صادقی "تبدیل گرمای اتلافی به برق" ماهنامه علمی تخصصی فن آوری سپمان، شماره ۴۹، اسفند ۱۳۹۰
- [6] N. Yamada, M.N.A. Mohamad, T.T. Kien, Study on thermal efficiency of low- to medium-temperature organic Rankine cycles using HFO-1234yf, Renewable Energy 41 (2012) 368e375.
- [7] گلرودباری، سید علی. (دیگران) (۱۳۹۳). تحلیل انرژی از طریق بازیافت دومرحله ای سیکل رانکین. رشت: گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان
- [8] فاضلی ویسری، سمیرا. (۱۳۹۲). بازیافت حرارت اتلافی برای تولید برق با استفاده از سیکل رانکین. سازمان بهره وری انرژی ایران
- [9] B. Peris, Bottoming organic Rankine cycle configurations to increase Internal Combustion Engines Power output From cooling water waste heat, Elsevier Ltd. All Rights reserved. 2013.
- [10] نائینی، سید علی. (دیگران) (۱۳۹۳). تحلیل انرژی از طریق بازیافت دومرحله ای سیکل رانکین. رشت: گروه مهندسی مکانیک دانشگاه گیلان
- [11] C. He, C. Liu, H. Gao, H. Xie, Y. Li, S. Wu, J. Xu, The optimal evaporation temperature and working fluids for subcritical organic Rankine cycle, Energy 38 (2012) 136e143.
- [12] T.C. Hung, Waste heat recovery of organic Rankine cycle using dry fluids, Energy Convers. Manage. 42 (2001) 539e553.
- [13] H. Chen, D.Y. Goswami, E.K. Stefanakos, A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat, Renewable Sustainable Energy Rev. 14 (2010) 3059e3067.
- [14] T.C. Hung, T.Y. Shai, S.K. Wang, A review of organic Rankine cycles (ORCs) for the recovery of low-grade waste heat, Energy 22 (7) (1997) 661e667.

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
تربیه آموزشی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها
دوره آموزشی

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله
تربیه آموزشی

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله