امکان سنجی ترمودینامیکی استفاده از سیستم های تبرید جذبی در تهویه واگنهای مسافری

جلال نظری[۱]،سید محمد سید محمودی[۲]
[۱]کارشناس ارشد مکانیک تبدیل انرژی، **jalallyl@yahoo.com**
[۲]استاد یار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

چکیده:
یکی از منابع عمده آلودگی CFC ها که باعث تخریب لایه ازن می‌شوند، سیستم تبرید وسائط نقلیه است، که عمدتا از R-12 به عنوان مبرد در سیستم‌های تبرید تراکمی استفاده می‌کنند. (استفاده از مبردهای جدید مانند R134a کارایی سیستم را کاهش می دهد.) این سیستم‌ها علاوه بر تاثیرات مخربی که بر محیط زیست دارند، به دلیل به کارگیری کمپرسور، نیاز به توان ورودی زیادی دارند که باید توسط موتور تامین گردد و همین امر سبب افت توان وسائط نقلیه می‌گردد. این در حالیست که سیال کارکن سیستم‌های تبرید جذبی هیچگونه اثر سوئی بر محیط زیست ندارند و نیازمند کار محوری زیادی نیز نمی‌باشند و تنها در پمپ نیاز به مقدار بسیار کمی کار محوری می‌باشد. سیستم جذبی ساده از اجزا مولد، تبخیرکن،جاذب و چگالنده تشکیل می‌شود که به دلیل پایین بودن ضریب عملکرد در عمل به کار نمی‌رود. بنابراین جهت افزایش ضریب عملکرد از مبدل‌های حرارتی بین محلول‌های ضعیف و قوی استفاده می‌کنند.
دراین پروژه با طراحی یک اجکتور و انتخاب یک سیکل تبرید جذبی مناسب با مبرد آب و جاذب لیتیوم برماید دمای جاذب را تا حدی افزایش دادیم که بتوان آن را با هوا خنک کرد.
در نهایت با نوشتن برنامه توسط نرم افزار EES ضمن انجام مطالعه پارامتریکی بر حسب دماهای اجزا مختلف عملکرد سیکل‌های تبرید جذبی دو اثره و سیکل ترکیبی با اجکتوررا با هم مقایسه کرده ایم، در نتیجه پارامترهای مورد
نیاز برای فراهم کردن برودت لازم در یک رام قطار مسافری مشخص شده است. همچنین امکان سنجی استفاده از گرمای گازهای خروجی از موتور برای ایجاد برودت مورد نیاز در کوپه واگنهای مسافری مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: لیتیوم برماید، اجکتور، مولد، جاذب

مقدمه

با توجه به اینکه سیستم تهویه مطبوع مورد استفاده در قطارهای مسافری از نوع تراکم بخار بوده در این سیستم در گذشته از گاز R-12که از خانواده CFC[۱] ها می‌باشد،به عنوان مبرد در سیکل تبرید استفاده می شد،این گاز کاملا غیر سمی و غیر قابل اشتعال می باشد همچنین بسیار پایدار و در شرایط بد جوی تجزیه نمی شود این مبرد در تماس با شعله به محصولاتی تجزیه می شوند که بسیار سمی می باشد،با توجه به مخرب بودن این ماده بر محیط زیست(لایه اوزن) طبق اساس‌نامه مونترال و اصلاحیه کپنهاک در ژانویه 1996 دستور به توقف تولید CFCها داده شد [2].
دانشمندان جهت پیدا کردن مبرد مناسب با تکنولوژی سرد سازی جایگزین تلاش های زیادی را متحمل شدند ابتدا جایگزین کردن مبرد جدید R-22 به جای R-12 مطرح شد که از خانواده HCFC[۲]ها است و از مشخصات ترمو فیزیکی مناسبی هم برخوردار می‌باشد. اما پس از مدتی مشخص شد که این ماده نیز با محیط زیست سازگار نیست و استفاده از این مبرد هم منتفی شد [1].
در حال حاضر در سیستم تهویه مطبوع واگنهای مسافری از مبرد R134-a به عنوان مبرد عاری از CFCها که از نظر خواص ترمودینامیکی شبیه گاز R-12 می باشد استفاده شده است.
استفاده ازگاز مبردR134-a باعث افت ۱۰ درصدی راندمان سیکل شده و به دلیل نیاز به روغن مخصوص گران قیمت جهت استفاده در کمپرسور مقرون به صرفه نمی‌باشند [1,2].
برای اولین بار در دهه ۷۰ میلادی استفاده از سیستم تبرید جذبی به دلیل سازگاری با محیط زیست واستفاده از انرژی به هدر رفته از اگزوز موتور و عدم احتیاج به کار محوری برای استفاده در وسائط نقلیه مورد توجه قرار گرفتند،اما ضریب عملکرد پائین وحجیم بودن تجهیزات مورد استفاده در این سیستم باعث پیشرفت کند این سیستم شده است[2].
زنوزی در سال ۱۹۹۴ میلادی با استفاده از سیکل تبرید جذبی تک اثره لیتیوم برماید[۳]-آب[۴] و چند انباره،مبرد ومحلول قوی در دورهای بالای موتوررا ذخیره واز این مبرد ومحلول قوی در دورهای پائین موتور که گرمای اکتسابی از گازهای خروجی برای تولید مبرد ومحلول قوی کافی نیست،استفاده کرد[2].
همچنین در سال 2000میلادی آقای ایزکویردو[۵] موفق به استفاده از سیستم تبرید جذبی در اتوبوس‌های درون شهری شهر مادرید شد. در این سیستم جدید از روش جذب نوینی استفاده شده است. در این روش مبرد به روشی چرخشی جذب محلول می‌شود. استفاده از این روش جذب موجب افزایش کارایی و کوچک شدن ابعاد سیستم جذبی می‌شود و می‌تواند جوابگوی مشکلات استفاده از این سیستم‌ها

1. Choloro flouro carbon

2. Hidro choloro flouro carbon

3. Lithium bromide
4. Izquierdo

در وسایط نقلیه شود. با استفاده از این روش جذب می‌توان کولرهای جذبی با ظرفیت سرد سازی 10 کیلو وات و ضریب عملکرد 0/78 ساخت [3,4].

همچنین در گزارشات مربوطه استفاده ازاجکتور درسیستم‌های تبرید جذبی سفارش شده است که ضمن افزایش ضریب عملکرد (COP) یا رفع مشکل خنک کاری جاذب ازپدیده کریستالیزاسیون (جامد شدن لیتیوم بروماید با توجه به غلظت دردماهای پائین) نیز که موجب گرفتگی لوله‌ها می‌شود جلوگیری می‌کند [5,6,7].

دراین پروژه اجکتوری[6] مناسب کاردرچرخه تبرید جذبی طراحی شده است و با استفاده از آن در سیکل تبرید جذبی (با جاذب و مبرد لیتیوم برماید-آب) مشکل خنک کاری جاذب مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین جاذب مورد استفاده در این پروژه از نوع جاذب چرخشی می باشد که استفاده از این فناوری باعث کوچک شدن ابعاد دستگاه و افزایش ضریب عملکرد می گردد.

جهت مقایسه عملکرد سیکل کولن اشمیت ، سیکل تک اثره و دو اثره تحلیل گردیده است. همچنین مسأله موردمطالعه پارامتریکی قرار گرفته و تأثیرتغییرات دمای ژنراتور،دمای چگالنده، دمای تبخیرکن و دمای جاذب درعملکرد چرخه بررسی شده است.

سیکل تبرید جذبی تک اثره

ساده‌ترین و پر کاربردترین نوع سیستم تبرید جذبی لیتیوم برماید-آب، سیکل تبرید جذبی تک اثره می باشد. شکل۱ سیکل تبرید جذبی تک اثره با استفاده از سیال عامل لیتیوم برماید-آب را نشان می‌دهد، که شامل اجزاء اصلی به شرح زیر می باشد:

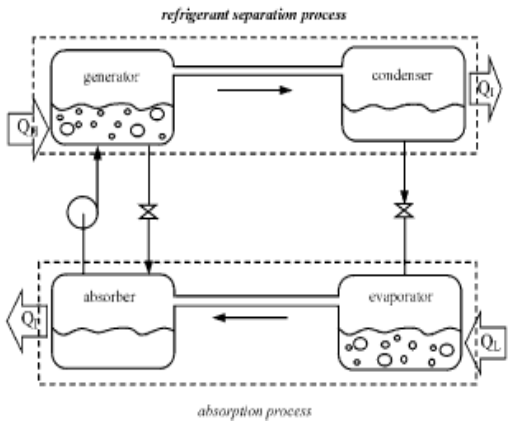
۱- ژنراتور(مولد حرارتی) ۲-کندانسور(چگالنده)

۳- اواپراتور(تبخیرکن) ۴-ابزوربر(جاذب)

در این سیکل محلول ضعیف خروجی از جاذب وارد ژنراتور می شود و با گرفتن حرارت از گازهای خروجی موتور آب جذب شده توسط محلول به بخار تبدیل می شود در نتیجه غلظت محلول افزایش می یابد،ژنراتور دارای دو خروجی می باشد که از یکی بخار مبرد خارج شده و به چگالنده منتقل می شود و از خروجی دیگر محلول قوی خارج وبه جاذب منتقل می گردد.

می‌توان این مجموعه(ژنراتور وجاذب) را کمپرسور گرمایی نامید. یک کمپرسور گرمایی به دو نوع انرژی برای عمل گردش نیاز دارد، گرما و کار محوری. گرما در مولد برای تبخیر مبرد مورد نیاز است که این انرژی گرمایی معمولاً از گازهای داغ یا بخار به دست می‌آید. کار محوری برای پمپ مورد نیاز است که فشارمبرد را از فشار تبخیر کن تا فشار چگالنده بالا می‌برد. این کار محوری در مقایسه با کار مورد نیاز کمپرسور در سیکل تراکمی بسیار ناچیز است زیرا در اینجا سیال به صورت مایع است و مایعات دارای حجم ویژه بسیار پایینی در مقابل گازها هستند، که این مورد بارزترین امتیاز سیستم‌های جذبی نسبت به سیستم‌های تراکمی است [2].

بخار مبرد تولید شده در ژنراتور از روی سطح لوله های چگالنده عبور کرده و تبدیل به مایع اشباع می گردد،پس از عمل چگالش در چگالنده،مبرد پس از عبور کردن از شیر انبساط و انجام فرآیند خفانش که موجب کاهش فشار مایع مبرد می شود وارد تبخیرکن شده و در این محل مبرد از طریق نازلهایی بر روی سطوح لوله های اواپراتور پاشیده شده وتبخیر می گردد، با توجه به اینکه عمل تبخیر یک فرآیند گرماگیر می باشد با گرفتن گرمای محیط موجب ایجاد برودت می گردد.



شکل ۱: سیکل تبرید جذبی تک اثره [9].

سیکل تبرید جذبی دو اثره

سیکل تبرید جذبی دو اثر در سالهای ۱۹۵۶و۱۹۵۸ میلادی برای افزایش کارایی واستفاده بهینه انرژی مطرح شد. در این حالت گرمای پس داده شده از مرحله دما بالا به صورت گرمای ورودی جهت تولید اثر سرمایی اضافی در مرحله دما پائین به کار گرفته می شود.

در این سیکل ما با استفاده از دو ژنراتور فشار پائین و فشار بالا با دادن گرمای گازهای خروجی موتور به ژنراتور اول، بخار تولید شده در ژنراتور دوم (فشار پائین) چگالیده می شود در نتیجه گرمای پس داده شده برای تولید بخار مبرد اضافی بکار می رود.

COP_{double} سیستم تبرید جذبی دو اثره برابر است با [5].

$$COP_{double} = COP_{Single} + (COP_{Single})^2 \qquad (۱)$$

مطابق این تجزیه و تحلیل انجام شده، COP سیستم تبرید جذبی دو اثره حدود ۰/۹۶ گزارش شده است در حالی که COP سیستم تبرید تک اثره مشابه حدود ۰/۶ می‌باشد.

مروری بر تئوری اجکتور

اجکتور وسیله ای است برای ایجاد خلاء ویا اختلاط سیالات که هیچ قسمت متحرکی نداشته و هیچ نیازی به منبع انرژی اضافی(الکتریسیته) ندارد.

اجکتوربرای اولین بار در سیستمهای تبرید جت بخار توسط charles parsons (چارلز پارسونز) حول و حوش سال ۱۹۰۱ میلادی، برای خارج کردن هوا از کندانسور موتور بخار به کار گرفته شد. ودرسال ۱۹۱۰ میلادی، اجکتوری توسط Maurice Leblanc (موریس لبلانک) طراحی شدکه در سیستم تبرید جت بخار مورد

1. Ejector

استفاده قرار گرفت. همچنین این سیستم در دهه ۱۹۳۰ میلادی در تهویه مطبوع ساختمانهای بزرگ تجربه شد. سیستم‌های تبرید جت بخار در ادامه به عنوان جانشین کمپرسورهای مکانیکی مورد استفاده قرار گرفتند [8,12].

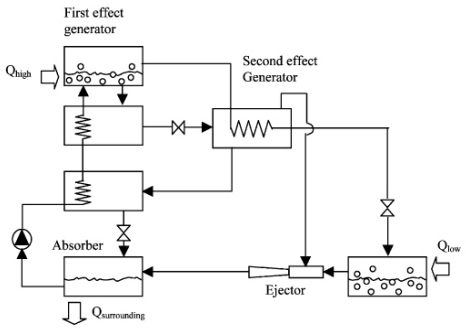
سیستم‌های تبرید جذبی بااستفاده از اجکتور

استفاده از اجکتور در سیستم های تبرید جذبی باعث افزایش ضریب عملکرد و کاهش ابعادتبخیرکن می شود، در این سیستم ها ساختار محلول در جاذب می تواند از کریستال شدن در امان باشد به طوری که می توان به دمای پائین اواپراتور و یا دمای بالای جاذب(هوا خنک شو) دست یافت.

برای اولین بار کولن اشمیت[۷] سیکل تبرید جذبی پیشنهاد داد که در آن اجکتور مابین تبخیرکن وجاذب نصب شده بود.در این سیکل با استفاده از دو مولد شبیه سیستم تبرید جذبی دو اثره ،بخار مبرد با فشار پائین تولید شده در مولد دوم جهت استفاده در اجکتور برای مکش بخار مبرد از تبخیرکن استفاده شده است[5].(شکل۲).

استفاده از اجکتور باعث افزایش فشار جاذب نسبت به تبخیرکن شده در نتیجه می توان دمای تبخیرکن را کاهش ودمای جاذب را تا حدی افزایش داد که جاذب هوا خنک شو باشد.

قابل توضیح است که این سیکل فاقد چگالنده می باشد زیرا بخار مبرد فشار بالا در مولد دوم چگالیده می شود، در این سیکل سیال محرک اجکتور بخار مبرد فشار پائین می باشد[5,7].



شکل ۲: نمای شماتیک سیکل تبرید جذبی – اجکتور ارائه شده توسط Kuhlenschmidt[5]

امکان سنجی استفاده از سیستم های تبرید جذبی در واگنهای مسافری

در این پروژه با امکان سنجی استفاده از سیستم تبرید جذبی جهت استفاده از انرژی هدر رفته موتور کشنده واگنها جهت تولید سرمایش واگنهای مسافری پیشنهاد شده است در این پروژه ابتدا چند سیکل تبرید جذبی از جمله تبرید جذبی دو اثره و استفاده از اجکتور مورد بررسی ترمودینامیکی قرار گرفته است و با مقایسه نتایج حاصل از مطالعه پارامتریکی و ضریب عملکرد مناسب با شرایط دماها و دبی های مختلف سیکل مناسب برای استفاده در تهویه مطبوع واگنهای مسافری پیشنهاد گردیده است.

بررسی و انتخاب یک سیکل مناسب تبرید جذبی برای استفاده در واگنهای مسافری

برای انتخاب یک سیکل تبرید جذبی مناسب در وسائط نقلیه عواملی نظیرCOP ظرفیت سردسازی ،ابعاد واندازه تجهیزات باید در نظر گرفته شود.

ظرفیت سرد سازی مورد نیاز در واگنهای مسافری با توجه به متنوع بودن واگنها در حمل ونقل ریلی ایران از ۲۷تا ۴۱ کیلووات متغیر می باشد[11]. پس سیکل انتخابی ما باید ظرفیت سردسازی در حدود ۳۵ کیلووات را برای هر واگن تامین کند و در مورد دمای تجهیزات استفاده شده دمای تبخیرکن با توجه باینکه برای تهویه مطبوع مورد استفاده قرار می گیردبین ۸ تا۱۲ درجه سانتی گراد مناسب است.

همچنین ابعاد و اندازه تجهیزات باید بگونه ای باشد که قابلیت نصب در داخل واگن مولد استیم را داشته و حجم زیادی را اشغال نکند.

با توجه به شرایط ذکر شده و مقایسه بین انواع سیکلهای تبرید جذبی ،سیکل تبرید جذبی چند اثره لیتیوم-برماید آب و سیکلهای تبرید جذبی با اجکتور ،دارای مشخصات ترمودینامیکی مناسبی هستند.

همچنین با افزایش تعداد اثرات در سیکلهای تبرید جذبی باعث زیاد شدن تجهیزات،ابعاد کلی دستگاه و پیچیده شدن آن می گردد.به همین خاطر تنها سیکل تبرید جذبی دو اثره ساخته شده است.

همچنین سیکل تبرید جذبی ترکیبی با استفاده از اجکتور نیز دارای مشخصات خوبی برای استفاده در سیستم تهویه مطبوع واگن مسافری می باشد.زیرا بدلیل استفاده از اجکتور جاذب در فشار بالاتری از تبخیرکن کار می کند وباعث هوا خنک شو شدن جاذب وافزایش ضریب عملکرد می شود.

برای افزایش کارایی سیکل وهمچنین کاهش ابعاد دستگاه می توان از جاذب چرخشی استفاده کرد.

در این پروژه سیکل تبرید جذبی لیتیوم برماید-آب با استفاده از اجکتور (طرح کو.لن اشمیت)را جهت طراحی برای کار در واگن مسافری انتخاب کرده و تحلیل می‌کنیم.(شکل ۲)

دلایل انتخاب سیکل کولن اشمیت

- مبرد و جاذب: آب و لیتیوم برماید
- محرک: بخار آب دما بالا تولید شده از مولد فشار پایین که مناسب جهت مکش بخار از تبخیرکن است.
- موقعیت اجکتور: اجکتور با قرار گرفتن در بین تبخیرکن و جاذب می‌تواند جاذب را در فشار بالاتری از تبخیرکن قرار دهد بنابراین می‌توان دمای جاذب را بدون وقوع پدیده کریستالیزاسیون در آن افزایش داد که این امر خنک کاری جاذب را با هوا حتی در مناطق گرم ممکن می‌سازد.

1. Kohlen schmidt

تحلیل اجکتور

برای تحلیل ترمودینامیکی اجکتور از دیدگاه انرژی فرضهای زیر را در نظر می‌گیریم[10].

۱- در خطوط ارتباطی (لوله‌ها) از تبادل‌گرما با محیط صرفنظر می‌شود.

۲- جریان در داخل اجکتور به صورت یک بعدی و حالت پایا می‌باشد.

۳- افت فشار وافت مومنتوم جریان بخار مبرد ناچیز و جزئی می‌باشد.

۴- جریان در اجکتور به صورت آدیاباتیک می‌باشد.

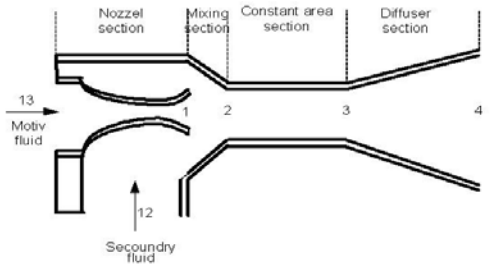
۵- از اصطکاک دیواره لوله‌ها در خطوط ارتباطی صرفنظر می‌شود.

۶- اختلاط دوسیال در داخل اجکتور در محفظه اختلاط و در فشار ثابت صورت می‌گیرد.

۷- همه خواص سیال در سطح مقطع خروجی محفظهٔ اختلاط بعد از اختلاط کامل یکنواخت هستند.

۸- انرژی پتانسیل در داخل اجکتور خیلی ناچیز و قابل صرفنظر کردن است.

۹- سرعتهای سیال اولیه و ثانویه در ورودی اجکتور صفر در نظر گرفته می‌شوند.



مقطع نازل

سیال محرک با فشار و دمای مشخص با عبور از نازل با بازده آیزنتروپیک η_n انبساط یافته و آن را در نقطه ۱ ترک می‌کند. با استفاده از معادله انرژی روابط زیر بدست می‌آیند:

$$h_1 = h_{13} - \eta_n (h_{13} - h_{1s}) \qquad (۲)$$

$$\frac{V_1^2}{2} = \eta_n (h_{13} - h_{1s}) \qquad (۳)$$

که h_{13} آنتالپی سیال محرک در ورود به اجکتور و h_{1s} آنتالپی آیزنتروپیک جریان در خروجی نازل است.

مقطع اختلاط

با استفاده از معادله پیوستگی و تعریف نسبت مکش(ω) و نسبت مساحت(A_r):

$$A_r = \frac{A_t}{A_2} \qquad (۴)$$

$$\omega = \frac{\dot{m}_{13}}{\dot{m}_{12}} \qquad (۵)$$

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_{12} = \dot{m}_2 \qquad (۶)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_t = \rho_t A_t V_t \qquad (۷)$$

$$\dot{m}_2 = \rho_2 A_2 V_2 \qquad (۸)$$

از تلفیق معادلات فوق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_r = \frac{\rho_2 V_2}{\rho_t V_t} \left(\frac{\omega}{\omega + 1}\right) \qquad (۹)$$

با استفاده از معادله مومنتوم و فرض اینکه اختلاط در فشار ثابت صورت می‌گیرد:

$$\dot{m}_1 V_1 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_{12}) V_2 \qquad (۱۰)$$

با در نظر گرفتن η_m به عنوان بازده اختلاط و استفاده از ω رابطه (۹) به (۱۰) تبدیل می‌گردد:

$$\eta_m \omega V_1 = (\omega + 1) V_2 \qquad (۱۱)$$

با استفاده از معادله انرژی:

(۱۲)

$$(\dot{m}_1 + \dot{m}_{12})\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2}\right) = \dot{m}_{12} h_{12} + \dot{m}_1 \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2}\right)$$

با استفاده از ω رابطه (۱۲) به (۱۳) تبدیل می‌گردد:

(۱۳)

$$(\omega + 1)\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2}\right) = h_{12} + \omega \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2}\right)$$

مقطع سطح ثابت

اگر سرعت مخلوط دروردی این مقطع بالاتر از سرعت صوت باشد موج ضربه‌ای عمودی اتفاق خواهد افتاد و سرعت و آنتالپی در خروجی با حل معادلات زیر بدست خواهند آمد:

$$h_2 + \frac{V_2^2}{2} = h_3 + \frac{V_3^2}{2} \qquad (۱۴)$$

$$\rho_2 V_2 = \rho_3 V_3 \qquad (۱۵)$$

$$P_2 - P_3 = \rho_2 V_2 (V_3 - V_2) \qquad (۱۶)$$

مقطع دیفیوزر

با فرض ناچیز بودن سرعت در خروجی دیفیوزر با استفاده از معادله انرژی رابطه (۱۷)حاصل می‌گردد:

$$h_{4s} = h_3 + \frac{{V_{3s}}^2}{2} \qquad (۱۷)$$

که h_{4s} آنتالپی آیزنتروپیک فرایند است.

با در نظر گرفتن η_d به عنوان بازده آیزنتروپیک دیفیوزر رابطه (۱۷) به (۱۸) تبدیل می‌گردد:

$$\eta_d = (\frac{h_{4s} - h_3}{h_4 - h_3}) \qquad (۱۸)$$

$$h_4 = h_3 + \frac{{V_{3s}}^2}{2\eta_d} \qquad (۱۹)$$

تحلیل سیکل تبرید جذبی با اجکتور

- فرض‌های حاکم بر مساله:

- جریان یک بعدی و پایا است.

- سرعت‌های سیال اولیه و ثانویه در ورودی و مخلوط در خروجی اجکتور صفر است.

- اختلاط دو سیال (در اجکتور) در فشار ثابت صورت می‌گیرد.

- مبرد مولد دوم را در حالت بهینه بصورت مایع اشباع ترک می‌کند.

- بخار مبرد تبخیرکن را در حالت اشباع ترک می‌کند.

- هیچ مایعی از تبخیرکن خارج نمی‌شود.

- محلول قوی مولد را در دما و فشار مولد ترک می‌کند.

- بخار مبرد محلول را در دمای تعادل محلول قوی ترک می‌کند.

- محلول ضعیف جاذب را در دما و فشار جاذب ترک می‌کند.

- کلیه خطوط ارتباطی بین اجزاء محلول و مبرد عایق هستند.

- هیچ اتلاف حرارتی وجود ندارد.

- پمپ آیزنتروپیک است.

با نوشتن معادلات بالانس جرمی وبالانس انرژی برای هریک از المانهای موجود در سیکل تبرید جذبی و پیاده سازی این معادلات در نرم افزار مهندسی **EES** حل پارامتریکی معادلات حاکم برمساله را انجام می دهیم. در نهایت با مقایسه نتایج حاصل مناسب ترین نتایج برای ایجاد برودت مورد نیاز برای واگنهای مسافری با ضریب عملکرد قابل قبول را انتخاب خواهیم کرد.

$$\dot{Q}_{g1} = \dot{m}_{14} h_{14} + \dot{m}_9 h_9 - \dot{m}_8 h_8 \qquad (۱۴)$$

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_{11} (h_{12} - h_{11}) \qquad (۱۵)$$

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_{g1}} \qquad (۱۶)$$

پارامترهای موجود در مساله

پارامترهای ورودی: شامل دما و فشار مولد اول، دمای مولد دوم، دمای تبخیرکن و دمای جاذب،دبی جرمی گازهای داغ ورودی به مولد ،دمای گازهای داغ ورودی به مولد ودبی جرمی خروجی از تبخیرکن می‌باشند.

این پارامترها،پارامترهای محیطی سیکل هستند که تغییرات آنها بیشترین تاثیر را برکارایی وتوان سرد سازی سیکل دارند و سایر پارامترها تحت تاثیر این پارامترها هستند.

پارامترهای خروجی: پارامترهایی که برنامه با توجه به پارامترهای ورودی محاسبه کرده و در خروجی ظاهر می‌نماید. برای مثال می‌توان به ضریب عملکرد، نسبت مکش، ظرفیت تبرید، نسبت فشار در اجکتور و مقادیر انتقال گرما در اجزا مختلف سیکل اشاره کرد.

الگوریتم برنامه

وارد کردن پارامترهای ورودی، قرار دادن مقدار فوق در زیر برنامه های مربوط به اجکتور و سیکل ترکیبی ، محاسبه پارامترهای خروجی ، مقایسه غلظت محلول قوی وضعیف محاسبه شده با شرطهای نوشته شده در برنامه ، مقایسه نتایج حاصل و هشدارهای موجود در رابطه با پدیده کریستالیزاسیون ،با توجه به اهمیت غلظت محلول در مولدها و جاذب برنامه طوری نوشته شده است که وجود پدیده کریستالیزاسیون (بلوری شدن) را در هر کدام از اجزا به صورت هشدار اعلام خواهد کرد.

با توجه به الگوریتم ارائه شده وتحلیل ترمودینامیکی سیکلهای دواثره سری و سیکل تبرید جذبی با اجکتور، با پیاده کردن این معادلات در نرم افزار EES می توان به حل پارامتریکی مساله پرداخت.

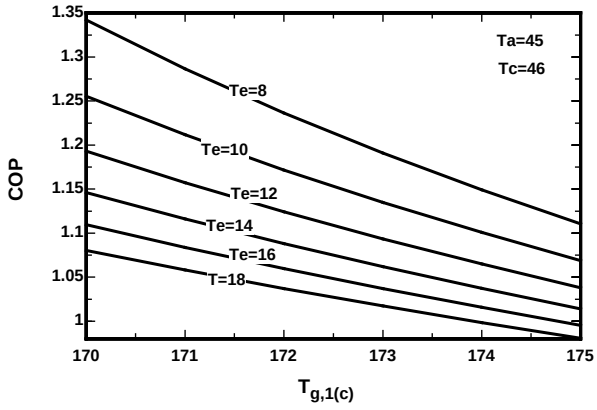
در این پروژه با وارد کردن یک سری پارامترهای ورودی از جمله دمای مولد،دمای تبخیرکن،دمای اواپراتوروظرفیت سرد سازی مورد نظر در واگنها نرم افزار می تواند با حل پارامتریکی، نتایج مورد نظر ما را در خروجی بدهد.

با توجه به وجود اجکتور در سیکل ترکیبی کولن اشمیت دمای مورد نظر جاذب ،دمایی خواهد بود که بتواند با هواخنک شود.

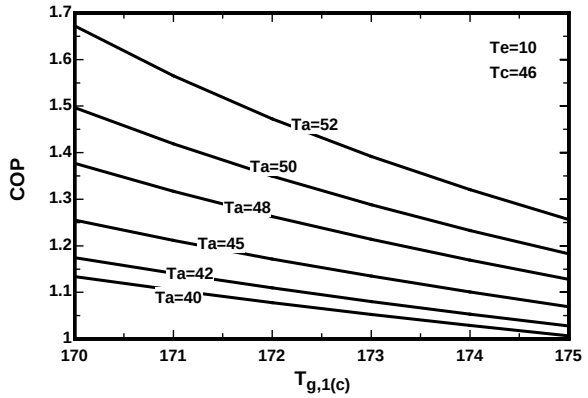
همچنین با توجه باینکه ظرفیت سردسازی هر واگن به طور متوسط ۳۵ کیلو وات می باشد ودر هر رام قطار مسافری به طور متوسط ۱۰ واگن سیر می کند. ظرفیت سرد سازی کل مورد نیازمان ۳۵۰ کیلو وات خواهد بود.

نتایج وبحث

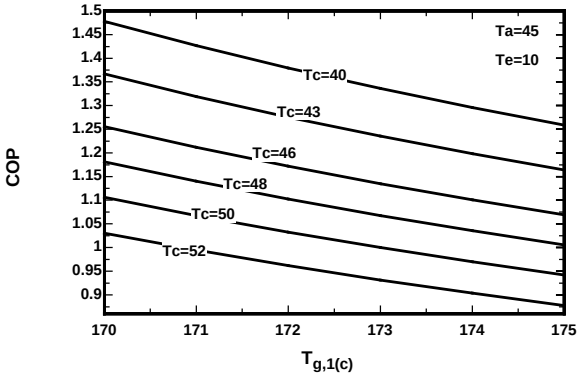
نتایج سیکل تبرید جذبی دو اثره



شکل ۳-۱- تاثیر دمای مولد اول درضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف تبخیرکن

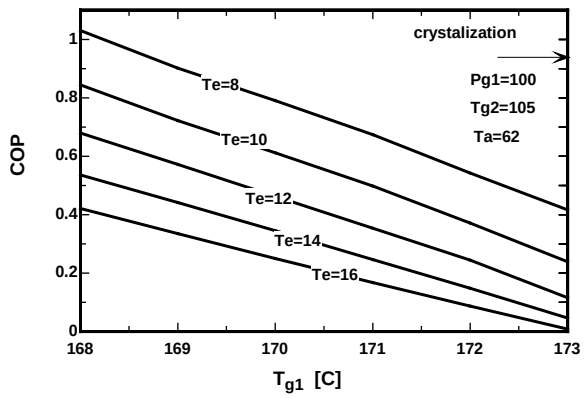


شکل ۳-۶- تاثیر دمای مولد اول در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف جاذب

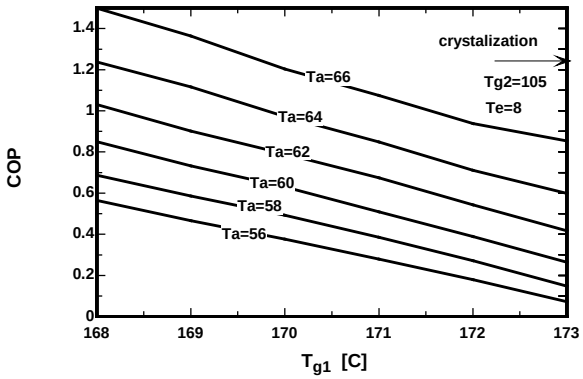


شکل ۳-۱۰- تاثیر دمای مولد اول در نرخ انتقال حرارت از آن به ازای دماهای مختلف چگالنده

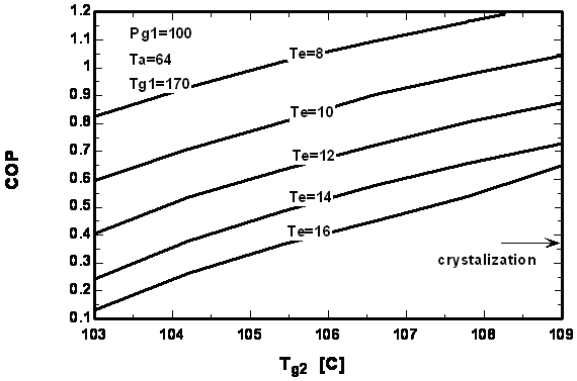
نتایج سیکل تبرید جذبی با اجکتور



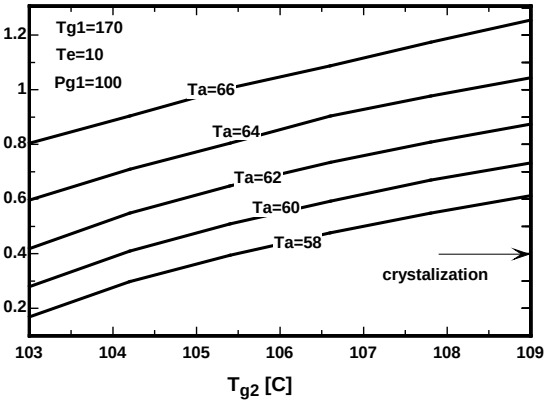
شکل ۳-۱۱- تاثیر دمای مولد اول در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف تبخیرکن



شکل ۳-۱۱- تاثیر دمای مولد اول در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف جاذب



شکل ۳-۱۱- تاثیر دمای مولد دوم در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف تبخیرکن



شکل ۳-۱۱- تاثیر دمای مولد دوم در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف جاذب

تاثیر پارامترهای موجود در اجکتور در ضریب عملکرد

از جمله پارامترهای موثر در تحلیل اجکتور که تاثیر بسزایی در عملکرد سیکل تبرید جذبی دارد به موارد زیر اشاره کرد:

۱- نسبت مکش(ω)

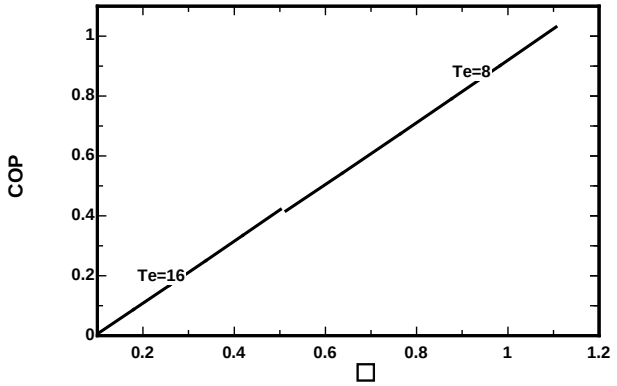
نسبت مکش عبارت است از نسبت دبی سیال ثانویه به دبی سیال اولیه که با ω نشان داده می‌شود.

۲- نسبت مساحت($\mathcal{A}_r$)

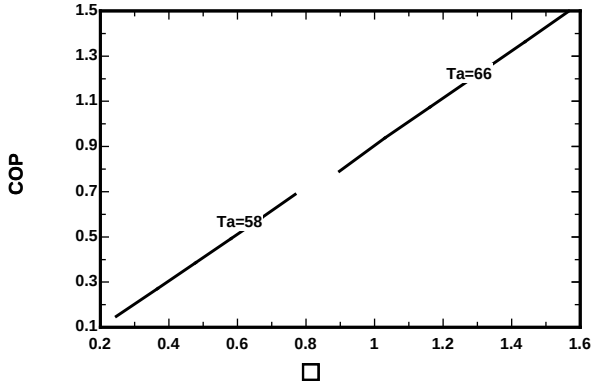
نسبت مساحت در واقع نسبت سطح مقطع خروجی نازل به سطح مقطع سطح ثابت (محفظه اختلاط)می باشد که متناسب با نسبت مکش است.

۳-نسبت فشار(P_r)

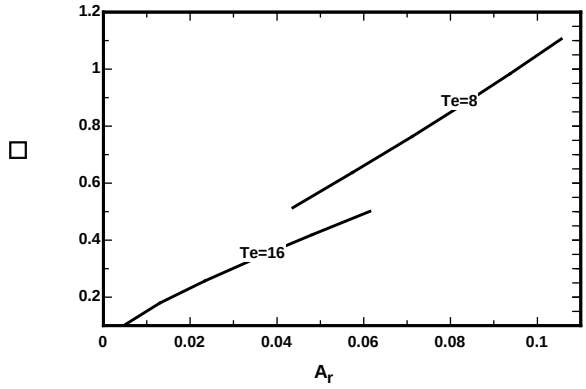
نسبت فشار عبارت است از نسبت فشار در خروجی دیفیوزر به فشار سیال ثانویه. اجکتور با نسبت‌های فشار و مکش حداکثر، اغلب مطلوب می‌باشد.



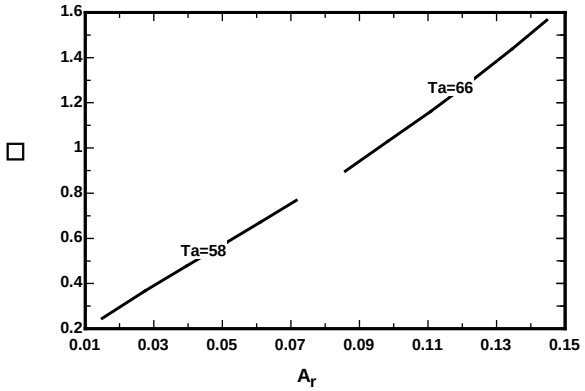
شکل ۳-۳۲-تاثیر تغییرات نسبت مکش در اجکتور در ضریب عملکردبه ازای دماهای مختلف تبخیرکن



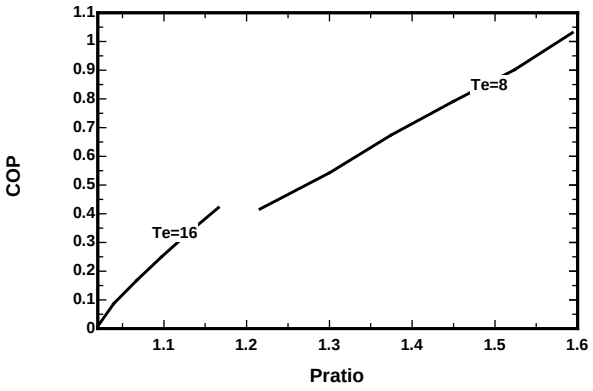
شکل ۳-۳۴-تاثیر تغییرات نسبت مکش در اجکتور در ضریب عملکردبه ازای دماهای مختلف جاذب



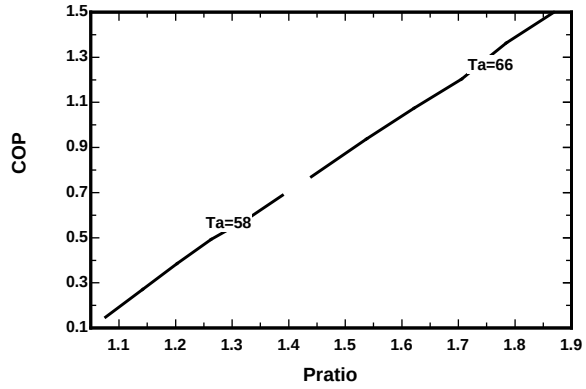
شکل ۳-۳۱-تاثیر تغییرات نسبت مکش در اجکتور بازای نسبت مساحت اجکتور ودمای تبخیرکن



شکل ۳-۳۳-تاثیر تغییرات نسبت مکش در اجکتور بازای نسبت مساحت و دمای جاذب



شکل ۳-۲۴-تاثیر تغییرات نسبت فشار در اجکتور در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف تبخیرکن



شکل ۳-۲۶-تاثیر تغییرات نسبت فشار در اجکتور در ضریب عملکرد به ازای دماهای مختلف جاذب

انتخاب پارامترهای طراحی مورد نیاز از نتایج بدست آمده

با توجه به این که یکی از اهداف اصلی ما از این پایان نامه خنک کاری جاذب با هوا است بنابراین باید دمای آن را تا جایی که بتوان با هوا خنک کرد افزایش دهیم. از طرفی با افزایش دمای جاذب غلظت محلول ضعیف خروجی از آن افزایش خواهد یافت لذا جهت کنترل غلظت (عدم وقوع پدیده کریستالیزاسیون) بایستی فشار جاذب را هم زمان با دمای آن افزایش دهیم که این کار با استفاده از یک اجکتور که خروجی آن به جاذب منتهی می گردد امکان پذیر است. بنابراین دما و فشار جاذب تعیین می گردند.

فشار مولد فشار بالا بایستی حداکثر مقدار ممکن (تا بتوانیم دمای مولد فشار پایین را حداکثر مقدار بگیریم) در سیستم های تبرید جذبی با لیتیم برماید-آب انتخاب گردد.

دمای مولد فشار بالا بایستی طوری انتخاب گردد که غلظت محلول قوی خروجی از آن بیشتر از غلظت محلول ضعیف خروجی از جاذب و کمتر از غلظت محلول قوی خروجی از مولد فشار پایین باشد.

همچنین برای خنک کاری برای یک واگن حدود27 تا41 کیلو وات می‌باشد، وبا توجه به وجود حداقل ۱۰ واگن در یک سیر حداقل ظرفیت تبرید مورد نیاز حدود ۳۵۰ کیلو وات می باشد.

نتایج حاصل از حل پارامتریکی سیکل تبرید جذبی و مقایسه این نتایج باهمدیگر نشان می دهد در صورتیکه مقادیر بشرح زیر را برای

سیکل تبرید جذبی انتخاب کنیم سیکل مورد نظر جوابگوی خواسته ما خواهد بود:

جدول ۱:پارامترهای انتخابی برای ایجاد برودت مورد نیاز

پارامتر	COP	Tg1	Ar	w	Pr	Qe	Qg1	Ta	Te	Tg2	Pg1	Pg2
مقدار	1/021	170	0/082	0/8765	1/07	350	342/5	62	8	105	100	8/9

نتیجه گیری

در این پروژه با بررسی و حل پارامتریکی سیکل تبرید جذبی دواثره سری وسیکل کولن اشمیت امکان سنجی استفاده از این سیکل برای فراهم نمودن ظرفیت تبریدی در حدود ۳۵۰ کیلووات را انجام دادیم در نهایت به این نتیجه رسیدیم با انتخاب نتایج حاصل از حل پارامتریکی سیکل کولن اشمیت، استفاده از این سیستم در یک رام قطار مسافری مناسب می‌باشد.

نتایج حاصل از برنامه نویسی نشان می‌دهد، ضریب عملکرد سیکل با افزایش دمای تبخیرکن و مولد فشار بالا کاهش، و با افزایش دمای جاذب افزایش می‌یابد. با افزایش همزمان دمای تبخیرکن و جاذب می توان خنک کاری جاذب را تسهیل بخشید. بدون اینکه ضریب عملکرد تغییرات زیادی داشته باشد.

در نتیجه با انتخاب پارامترهای ارائه شده در جدول ۱ می توان مولد تولید برودت برای ۱۰ واگن مسافری را ساخت همچنین با توجه به وجود تعداد زیادی واگن بدون تهویه استفاده از این سیستم صرفه اقتصادی بالایی خواهد داشت.

مراجع

1- J.Cao and R.N.Christensen, 2000**. Modeling an Integral Dual Solar/Gas-Fired Generator for a Water–Lithium Bromide Absorption Chiller.Jornal of Energy Resources Technology**.Vol.122.

2- Zenouzi, M. 1994**. An automotive air conditioning system using Lithium bromide-water absorption refrigeration cycle.AES-Vol.33,Termodynamics and the design, analysis and improvement of Energy systems ASME**, 1994.

3- Riffact and S.B.Wong and C.m., shankland, N. 1994. **Aotumobile Air-conditionung using a rotary Absorption/Recompression system.Applied Energy.**, 49:9-16.

4-Izquierdo,M. andVega,M.d. and lecuona,A.and Roclriguez,p.2000.**Entropy generated and exergy destroyed in lithium bromide thermal compressors driven by the exhaust gases of an engine**.lnt j energy research.,24:1123-1140.

5- Kuhlenschmidt, D. 1973. **Absorption Refrigeration system with multiple Generator stages**., US patent NO.3717007.

6- Chen, L.T. 1988**. A New Ejector-Absorber Cycle to Improve the COP of An Absorption Refrigeration System.Applied Energy.**, 30:37-51.

7- Chunnanond K. and Aphornratana S. **Ejectors applications in refrigeration technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews** 2004:8:129-155

8- Gosney, WB. 1982**. principle of refrigeration.,Cambridge uni.press.**

9- Srikhirin, P.and Aphornratana, S.and Chungpai, S. 2001. **A Review of Absorption refrigeration technologies. Rene wable and sustainable Energy Revie**.,5:343-372.

10- Narmine, H.A.and Karmeldin, A.and Shamloul, M.M. **Modeling and simulation of steam jet ejectors**.1999, 1-8.

11- رمضانعلی ،ی ۱۳۸۰.**تهویه مطبوع واگنهای مسافری**- آرشیو فنی شرکت قطارهای مسافری رجاء .

12-Chunnanond, K. and Aphornratana, S., 2004, **Ejectors applications in refrigeration technology**, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 8:129-155.