Archive of SID

1st International Conference
on new achievements in
Science & Technology
24th August 2017

اولین کنفرانس بین المللی
دستاوردهای نوین در
علوم و تکنولوژی
۲ شهریور ماه ۱۳۹۶ – تهران

عوامل موثر بر ضریب عملکرد سیکل ترکیبی تبرید جذبی- اجکتوری

مسعود کاظمی[1] ، مجتبی طحانی[2] ، محمد افتخاری یزدی[3]

[1]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران.

آدرس پست الکترونیکی : kazemi_kata@yahoo.com

[2]استادیار، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران

آدرس پست الکترونیکی : m.tahani@ut.ac.ir

[3]استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

آدرس پست الکترونیکی : eftekhariyazdi@yahoo.com

چکیده

این مقاله یک مدل از سیکل تبرید جذبی تک اثره می باشد که در آن از یک اجکتور جایگزین شیر انبساط و ابزوربر آدیاباتیک در سیکل جذبی استفاده شده است، که سیکل تبرید جذبی- اجکتوری نامیده می شود. در این مدل از آمونیاک و آب به عنوان زوج مبرد استفاده شده است. استفاده از اجکتور و یک پمپ در سیکل اجازه می دهد تا درجه حرارت فعال سازی کاهش پیدا کند ($16\ ^{o}C$) و بخشی از انرژی مصرفی پمپ محلول بهبود یابد. برای دستیابی به نتایج، از نرم افزار EES که به حل معادلات ترمودینامیکی می پردازد، استفاده شده است. بامقایسه ضریب عملکرد سیکل جذبی با اجکتور و جذبی معمولی در شرایط یکسان، نتیجه گرفته می‌شود که ضریب عملکرد سیکل جدید ۲۲,۸۴ درصد برای ژنراتور ۹۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد. این مقدار با توجه به دمای کندانسور و اواپراتور که مورد بررسی قرار می گیرد، متفاوت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیکل جذبی - اجکتوری ، آب- آمونیاک، اجکتور، ابزوربر آدیاباتیک.

www.SID.ir

Archive of SID

1st International Conference on new achievements in Science & Technology
24th August 2017
اولین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در علوم و تکنولوژی
۲ شهریور ماه ۱۳۹۶ – تهران

Factors affect the coefficient of performance in Absorption-Ejector Hybrid Refrigeration Cycle

Masoud,Kazemi [1]; Mojtaba,Tahani [2]; Mohammad,Eftekhari Yazdi [3]

[1] Masters student, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.
Email: kazemi_kata@yahoo.com

[2] Associate Professor, Faculty of New Sciences and Technologies, Tehran University, Tehran, Iran.
Email: m.tahani@ut.ac.ir

[3] Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.
Email:eftekhariyazdi@yahoo.com @iauctb.ac.ir

Abstract

This paper presents a model of a single-effect absorption refrigeration cycle use an ejector as an expansion valve and adiabatic absorber which is called ejector-absorption refrigeration cycle. In this model, ammonia and water are selected as the refrigerant pair for being. Using a ejector and a pump in a cycle allowing the reduction of activation temperature (16ºC) and part of solution pump energy is improved.To achieve results, software EES has been used which solves thermodynamic equations.With Comparing the coefficient of performance of an ejector-absorption cycle and a typical one in identical conditions, it can be concluded that incorporating an ejector into a simple absorption cycle increased the COP to 22.84% at a generator temperature of 90ºC.This Value varies on the condenser temperature and the evaperator that is being investigated.

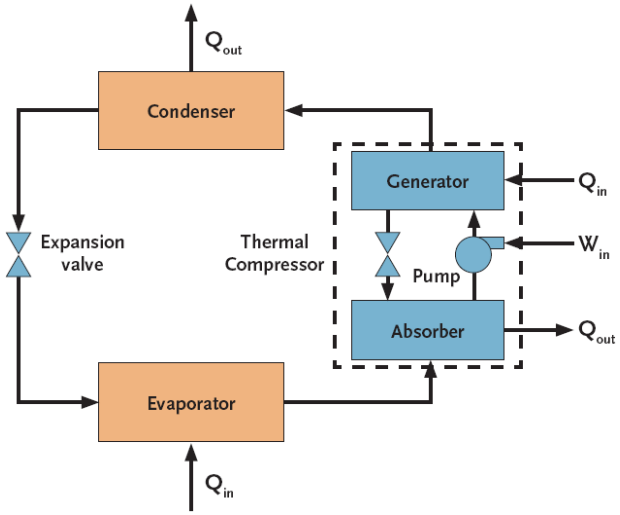
Keywords: *Ejector-absorption cycle, ammonia-water, ejector, adiabatic absorber.*

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

تهویهٔ مطبوع با استفاده از سیستم های جذبی یکی از بهترین و در عین حال مطمئن و بادوام‌ترین نوع در بین دستگاه‌های تهویه مطبوع کلاسیک می‌باشد.در چرخه جذبی آمونیاکی ، آب تحت دما و فشار معمولی ، آمونیاک را جذب می کند و سپس خود با گرما ، احیا شده و آمونیاک از آن جدا می شود. گرمای نهان تبخیر زیاد آمونیاک این امکان را فراهم می آورد تا به هنگام تبخیر ، گرمای زیادی را جذب نموده و موجب سردسازی در اواپراتور شود. برای تولید سرما در یک چرخه تبرید جذبی به یک ژنراتور، اواپراتور، ابزوربر، کندانسور و شیر انبساطی جهت کاهش فشار نیاز است. در شکل (۱) نمایی از یک سیستم تبرید جذبی نشان داده شده است.



شکل ۱ : سیکل سیستم جذبی تک اثره

در سالهای متمادی سیستم جذبی با سیال NH_3/H_2O مورد مطالعه قرار گرفت. (Da-Wen Sun, 1997) همچنین برای بررسی مبردهای دیگر سیستم جذبی با سه سیال $NH_3/NaSCN$ $NH_3/LiNO_3$ و NH_3/H_2O مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و ضریب عملکرد و پارامترهای موثر بر آن ها ارائه شده است.(D.-W. Sun, 1997)

عملکرد سیکل جذبی با مبرد آمونیاک و لیتیوم نیترات($NH_3/LiNo_3$) مورد تحلیل قرار گرفته و در آنجا نسبت بازگردش پمپ در ابزوربر مورد بررسی قرار گرفته است. (Ventas, R.et al 2010). سیکل تبرید جذبی با اجکتور مزایای مختلفی نسبت به سیکل‌های تبرید تراکمی- اجکتوری و سیکل تبرید جذبی متداول دارد. نکته مهم آنکه در این سیستم می‌توان از انرژی خورشید و حرارت بازیافت استفاده کرد و به همان نسبت میزان برق خریداری شده برای اجزاء سیستم های تبرید مشابه کاهش می‌یابد. با استفاده از یک اجکتور در ورودی کندانسور در سیستم جذبی طرحی نو ایجاد گردید و هزینه های سیستم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش پیدا کرد.(Da.-W. Sun et al 1996) با استفاده از اجکتور واقع در ورودی ابزوربر با مبرد R125 تا ۲۰٪ cop حرارتی بهبود یافت.(Levy A, et al 2002)

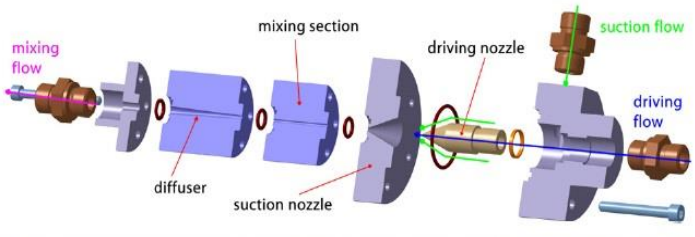
یک چرخه تبرید جذبی- اجکتوری با نازل اجکتور سازگار برای شرایط کاری مختلف با مبرد لیتیوم نیترات $NH_3/LiNo_3$ مورد مطالعه قرارگرفت. (Vereda, C.et al 2012) همچنین سیستم های ترکیبی تراکمی – اجکتوری نیز در سالهای اخیر مورد توجه بوده است و توسط بسیاری از نویسندگان مورد مطالعه قرار گرفت. اخیرا شبیه سازی ترمودینامیکی کولرهای اجکتوری تراکمی ارایه گردید.(طحانی، م . ۲۰۱۵)

اجکتور دستگاهی است که می‌توان از آن برای مکش، انتقال، تراکم و یا اختلاط گازها، بخارات، مایعات و حتی ذرات جامد استفاده‌کرد که انرژی پتانسیل یک سیال محرک (گاز یا مایع) فشار بالا با گذشتن از یک نازل، به انرژی جنبشی تبدیل‌شده و فشار آن تا فشاری کمتر از فشار سیال ثانویه کاهش می‌یابد ویک خلا نسبی برای سیال ثانویه ایجاد می‌کند و سیال متحرک (ثانویه) را مکش می کند. اجکتور دارای ساختمانی شیپوری مانند است، که از چهار قسمت عمده که عبارت است از نازل،

www.SID.ir

Archive of SID

محفظه مکش، لوله اختلاط و دیفیوزر تشکیل شده است. در شکل (۲) نمای برش خورده اجکتور نشان داده شده است. اجکتورها که در آنها معمولا از بخار به‌عنوان سیال محرک استفاده می‌شود در صنایع کاربرد زیادی دارند البته در اینجا مخلوط مبرد و جاذب به عنوان محرک استفاده می شود. اجکتورها نوعی پمپ خلاء یا کمپرسور خلاء هستند، و چون در ساختمان آن‌ها هیچ‌گونه قطعه متحرک و مکانیکی وجود ندارد، تعمیرات و نگهداری آن‌ها ساده و کم هزینه است.



شکل۲ : برش یک اجکتور

مجددا با افزودن اجکتور در ورودی ابزوربر در سیستم جذبی و استفاده از یک سیکل بازگردش محلول ضریب عملکرد سیکل مذکور با زوج مبرد $NH_3/LiNo_3$ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. (Vereda, C.et al 2014) سیکل تبرید جذبی- اجکتوری مورد مطالعه در این مقاله شبیه سیکل تبرید جذبی است با این تفاوت که در این سیکل بجای ابزوربر از یک اجکتور استفاده شده است. در واقع اجکتور کار شیر انبساط را هم بر عهده دارد. مبرد مورد استفاده در این مقاله آب و آمونیاک (H_2O/NH_3) می باشد. نوآوری این مقاله بررسی وتحلیل ترمودینامیکی سیکل تبرید جذبی با داشتن یک اجکتور بجای ابزوربر و دستیابی به ضریب عملکرد حرارتی بالاتر نسبت به سیکل جذبی معمولی می باشد.

۲- تحلیل عملکرد

در این سیکل از یک سیستم تبرید ساده ی جذبی تک اثره به عنوان پایه ای اصلی و محور اساسی کار استفاده شده است. این سیکل در برنامه ی EES طراحی و مدلسازی می شود.(Klein, S.A., 2013) معادلات حاکم بر سیکل در برنامه وارد شده و در نهایت با حل معادلات با مقالات مشابه مقایسه و اعتبار سنجی می شود. در ادامه با افزودن دستگاه اجکتور، سیکل مذکور به سیکل ترکیبی جذبی- اجکتوری تبدیل می شود. این سیکل ترکیبی شامل یک ژنراتور، یک کندانسور،یک اواپراتور، یک شیر انبساط، یک اجکتور، یک پمپ محلول و یک مبدل حرارتی می باشد.

در اینجا مدل‌سازی با فرض، جریان یک بعدی در اجکتور و آدیاباتیک بودن آن انجام می‌گیرد و سیال مورد مطالعه آب و آمونیاک (NH_3/H_2O) است. در این مقاله در واقع اجکتور جایگزین ابزوربر و شیر انبساط شده است.

بعد از این مرحله کاربرد اجکتور در سیکل بررسی و به تحلیل آن پرداخته می شود. در ادامه شرایط ترمودینامیکی سیکل بررسی و تعیین می گردد و معادلات حاکم بر شرایط جدید که در زیر آورده شده مربوط به شکل (۴) در نرم افزار EES پردازش و در نهایت به مقایسه ی نتایج حاصل پرداخته می شود و گزارشی از این سیستم جدید تبرید ارائه خواهد شد.

نقطه ۱ : خروجی بخار مبرد(آمونیاک) در حالت بخار اشباع
نقطه ۲ : خروجی کندانسور در فشار ثابت و در حالت مایع اشباع در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد
نقطه ۳ : خروجی شیر انبساط در یک فرآیند آنتالپی ثابت
نقطه ۴ : خروجی اواپراتور در فشار ثابت و دمای ۵- درجه سانتیگراد و در حالت بخار اشباع
نقطه ۵ : خروجی اجکتور (مخلوط محلول جاذب و مبرد)

www.SID.ir

Archive of SID

نقطه ۶ : خروجی پمپ سیرکوله محلول
نقطه ۷ : خروجی مبدل حرارتی و ورودی به ژنراتور (محلول رقیق)
نقطه ۸ : خروجی از ژنراتور در حالت مایع اشباع (محلول غلیظ) و در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد
نقطه ۹ : خروجی مبدل حرارتی و ورودی به اجکتور در حالت مایع اشباع

همچنین جهت محاسبات آسان تر در نرم افزار مربوطه نقاط مختلف اجکتور به شرح زیر است :
نقطه ۱۶ : خروجی نازل اجکتور که در معادلات با حرف N مشخص شده است.
نقطه ۱۷ : خروجی لوله اختلاط که در معادلات با حرف M مشخص شده است.
نقطه ۱۸ : خروجی دیفیوزر اجکتور که در معادلات با حرف D مشخص شده است.

با توجه به مقالات مرجع (Da-Wen Sun, 1997) و (Vereda, C.et al 2014) فرضیات زیر را برای یک حالت خاص در نظر می گیریم :

۱. دبی مبرد ورودی به ژنراتور ($\dot{m}_7$) برابر ۰،۰۵۹۳ کیلوگرم بر ثانیه فرض شده است.
۲. بازده یا راندمان مبدل حرارتی ۸۰ درصد فرض شده است.
۳. طول لوله اختلاط اجکتور ۲۰۰ میلی متر و قطر لوله اختلاط ۱۰ میلی متر می باشد.
۴. قطر دیفیوزر اجکتور ۲۰ میلی متر فرض شده است.

۳- فرضیات حاکم بر مدل اجکتور

فرضیات مدل در زیر بیان می‌شود:

۱- سیال محرک به‌صورت آیزنتروپیک در نازل منبسط و سیال مخلوط در دیفیوزر به‌صورت آیزونتروپیک متراکم می‌شود.
۲- سیال محرک و ثانویه در هنگام ورود به اجکتور در حالت اشباع فرض می‌شوند و سرعت آنها قابل چشم‌پوشی است.
۳- سرعت سیال در هنگام خروج از اجکتور قابل چشم‌پوشی است.
۴- جریان در اجکتور جریان آدیاباتیک است.
۵- عمل اختلاط قبل از ورود به ناحیه قطر ثابت کامل می‌شود.
۶- جریان در اجکتور یک بعدی است و در حالت پایدار قرار دارد.

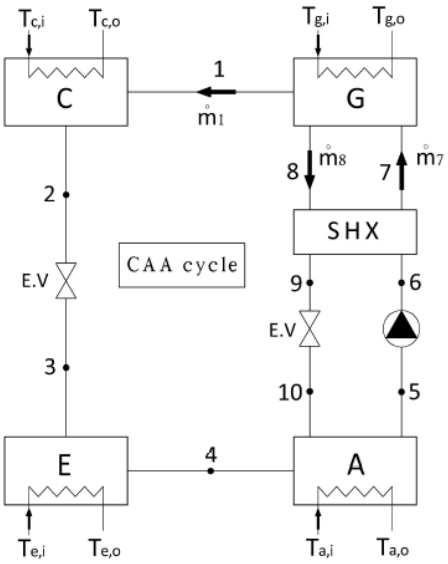
www.SID.ir

Archive of SID

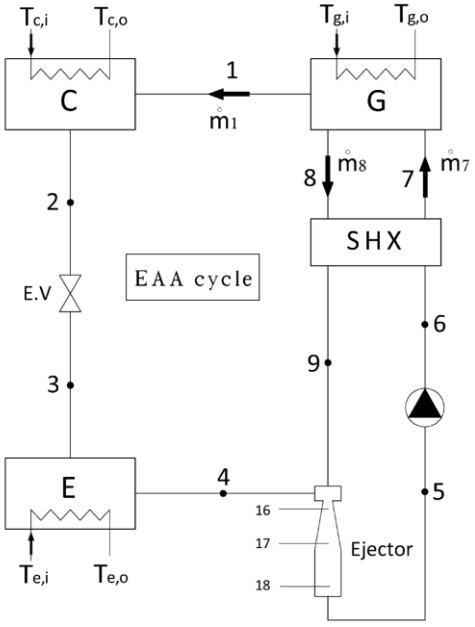
۴- تشریح سیکل تبرید جذبی- اجکتوری

شکل (۳) نشان دهنده طرح سیکل تبرید جذبی تک اثره ، با ابزوربر معمولی مرسوم آدیاباتیک (CAA) و شکل (۴) طرح پیشنهادی مقاله، با ابزوربر اجکتور آدیاباتیک (EAA) می باشد . سیکل نشان داده شده در شکل(۳) تنها با دو سطح فشار مشابه سیکل تراکمی مکانیکی کار می کند. سیکل حاضر از قسمت های اصلی اواپراتور، ژنراتور، کندانسور، مبدل حرارتی، پمپ محلول و ابزوربر تشکیل شده است.

اما امروزه استفاده از اجکتور در سیکل تبرید جذبی مرسوم شده است .در این سیکل جریان محلول مبردی که از ژنراتور می آید به عنوان محرک استفاده می شود .به منظور دستیابی به مزایای استفاده از سیکل جدید اجکتوری با سیکل جذبی آدیاباتیک معمولی که در شکل (۳) نشان داده شده است، سیکل EAA در شکل(۴) مورد بررسی قرار گرفته است. در این سیکل سه سطح فشار است ، یک اجکتور بخار مبرد را از اواپراتور با استفاده از انتقال مومنتم از یک سرعت زیاد مایع غلیظ در محلول مبرد به درون خود می کشد که این در یک نازل همگرا برای کاهش فشار آن ، شتاب پیدا می کند، بنابراین اجکتور به عنوان یک شیر انبساط محلول عمل می کند .



شکل ۳ : سیکل تبرید جذبی معمولی (CAA)



شکل۴ : سیکل تبرید جذبی - اجکتوری (EAA)

یک جریان محرک قوی از ژنراتور به سمت اجکتور می آید(نقطه ۸). اجکتور یک هندسه ی تا حدی متغیر دارد ، این بدان معنی است که سطح موثر خروجی نازل برای سازگاری اجکتور در شرایط کاری سیکل قابل تنظیم است در حالیکه باقی هندسه ی اجکتور ثابت است . محلول جاذب با فشار بالا به محفظه مکش وارد می‌شود(نقطه ۹) و در حین عبور از نازل منبسط شده و نازل را در یک سرعت بسیار بالایی ترک می‌نماید(نقطه ۱۶) ، گاز یا بخار مخلوط مایع از طریق مایع و به‌وسیله نازل مکش و وارد اجکتور می‌شود(نقطه ۴). در اینجا مبرد به وسیله جاذب با سرعت بالا به لوله اختلاط وارد می‌شود(نقطه ۱۷)

www.SID.ir

و سپس از انتهای دیفیوزر خارج می‌شود(نقطه ۱۸)، در دیفیوزر سرعت زیاد و فشار کم سیال به‌سرعت کم و فشار زیاد سیال تبدیل می‌شود که از فشار مکش مبرد بیشتر و یا به عبارت بهتر سرعت مخلوط به فشار تبدیل می‌شود که از فشار مکش مبرد بیشتر ولی از فشار سیال محرک ورودی کمتر می‌باشد(نقطه ۵). مومنتم سیال خروجی از نازل از سرعت محرک بالاتر می‌باشد. این سرعت به بخار مبرد در حال تخلیه هم وارد می‌شود. در این حالت سرعت مخلوط کمتر از سرعت سیال محرک وارد شده است، ولی درهرصورت سرعت آن زیاد است. به همین دلیل شیپوره بزرگ‌تر به‌صورت یک دیفیوزر همگرا- واگرا است که در قسمت واگرای آن فشار افزایش‌یافته و سرعت سیال کم می‌شود. مسلم است که فشار خروجی اجکتور از فشار ورودی آن بیشتر است و علت عدم بازگشت بخار مبرد از خروجی اجکتور به ورودی آن سرعت زیاد مخلوط جاذب و مبرد در دیفیوزر اجکتور می‌باشد.

۵- معادلات و روابط حاکم

با توجه به سیکل ارائه شده و وجود اجکتور، معادلات حاکم و مورد استفاده در مدل به شرح زیر است:

با توجه به شکل(۴) توازن جرم مبرد برای فرآیند جذب آدیاباتیک به صورت زیر هستند :

$$m_5 = m_4 + m_9 \quad (۱)$$

$$m_5 X_5 = m_4 X_4 + m_9 X_9 \quad (۲)$$

معادله حفظ انرژی در نازل، معادله (۳) ، به محاسبه سرعت ترک مایع از نازل می پردازد . به علاوه معادله (۴)، اجازه محاسبه خروجی موثر سطح مقطع مورد نیاز نازل(A_N) را می دهد:

$$V_N = \sqrt{\eta_N 2(P_1 - P_4)/\rho_9} \quad (۳)$$

$$A_N = \dot{m}_9/\rho_9 V_N \quad (۴)$$

دبی خروجی از نازل و لوله اختلاط به ترتیب از معادلات (۵) و (۶) بدست می آیند :

$$\dot{m}_N = \dot{m}_9 \quad (۵)$$

$$\dot{m}_M = \dot{m}_9 + \dot{m}_4 \quad (۶)$$

کیفیت محلول مبرد و جاذب در لوله اختلاط اجکتور از رابطه زیر بدست می آید:

$$X_M = \frac{\dot{m}_9 X_9 + \dot{m}_4 X_4}{\dot{m}_5} \quad (۷)$$

میانگین سرعت و فشار مخلوط شدن در خروجی لوله اختلاط در ادامه معادله (۸) محاسبه می شود و تعادل مومنتوم، معادله (۹) که $\eta_M \leq 1$ کارایی لوله اختلاط است.

$$V_M = \frac{\dot{m}_M}{\rho_M A_M} \quad (۸)$$

$$P_M = P_4 + \eta_M \frac{(\dot{m}_9 V_N - \dot{m}_M V_M)}{A_M} \quad (۹)$$

A_M سطح مقطعی از لوله اختلاط استوانه ای است و ρ_M چگالی مخلوط است، که با فرض جریان دو فازی همگن محاسبه می شود:

$$\rho_M = \frac{\dot{m}_9 + \dot{m}_4}{\frac{\dot{m}_9}{\rho_9} + \frac{\dot{m}_4}{\rho_4}} \quad (۱۰)$$

تعادل انرژی برای محاسبه دمای مخلوط در خروجی لوله اختلاط ایجاد می شود :

www.SID.ir

$$\dot{m}_9\, h_9+\dot{m}_4 h_4=\dot{m}_M\,(h_M+V^2_M/2) \qquad (۱۱)$$

h_M آنتالپی ویژه محلول و بخار مبرد در خروجی لوله مخلوط است .

تعادل انرژی معادله (۱۲) اجازه محاسبه فشار در خروج دیفیوزر P_D ، که $\eta_D \leq 1$ راندمان انتشار است و باعث اثر چسبندگی می شود.

$$P_D = P_M + \eta_D \frac{1}{2}\rho_M\,(V_M^2 - V_D^2) \qquad (۱۲)$$

معادله (۱۳) پیوستگی سرعت در خروجی اجکتور است:

$$V_D = \frac{(\dot{m}_9+\dot{m}_4)}{\rho_M A_D} \qquad (۱۳)$$

تعادل انرژی در دیفیوزر توسط معادله (۱۴)، دمای مخلوط را در خروجی دیفیوزراجکتور T_D محاسبه می کند:

$$\dot{m}_M(h_M + V^2_m/2) = \dot{m}_M(h_D+V^2_D/2) \qquad (۱۴)$$

مبرد در لوله مخلوط جذب نمی شود فرض این است که در داخل لوله دیفیوزر (شکل ۴) در فشار $P_5 = P_D$ جذب می شود، که زمان اقامت طولانی تری نسبت به جت و لوله مخلوط دارد و در کنار آن فشار بالاتری بر اساس معادله (۱۲) دارد.

تعادل انرژی برای این فرآیند جذب توسط معادله (۱۵) محاسبه می شود.

$$\dot{m}_M(h_D+V^2_D/2)=\dot{m}_5 h_5 \qquad (۱۵)$$

ظرفیت اواپراتور عبارت است از :

$$Q_e = \dot{m}_4(h_4 - h_3) \qquad (۱۶)$$

بالانس انرژی در ژنراتور عبارت است از :

$$Q_g = \dot{m}_1 h_4 + \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_7 h_7 \qquad (۱۷)$$

یک فرآیند اختناق(آنتالپی ثابت) در شیرانبساط رخ می‌دهد که سبب کاهش فشار و دما سیال می‌گردد، در شیر انبساط داریم :

$$h_3 = h_2 \qquad (۱۸)$$

ظرفیت حرارتی کندانسور به قرار زیر است :

$$Q_c = \dot{m}_1(h_1 - h_2) \qquad (۱۹)$$

ظرفیت حرارتی مبدل حرارتی طبق معادله زیر بدست می آید :

$$Q_{SHX} = \dot{m}_7(h_7 - h_6) \qquad (۲۰)$$

رابطه راندمان حرارتی مبدل حرارتی به قرار زیر است :

$$\varepsilon = (T_8 - T_9)/(T_8 - T_6) \qquad (۲۱)$$

بازده هیدرولیک η_{hyd} و بازده الکترو مکانیکی η_{emec} قدرت پمپاژ را تعیین می کنند:

$$\dot{W}_p = \frac{\dot{m}_5\,(P_1-P_5)}{\eta_{hyd}\,\eta_{emec}\rho_5} \qquad (۲۲)$$

برای ارزیابی مصرف انرژی الکتریکی، ضریب عملکرد الکتریکی در نظر گرفته شده است:

$$COP_E = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{W}_p} \qquad (۲۳)$$

معادله زیر ضریب عملکرد حرارتی سیکل را تعریف می کند:

$$COP_T = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g} \qquad (۲۴)$$

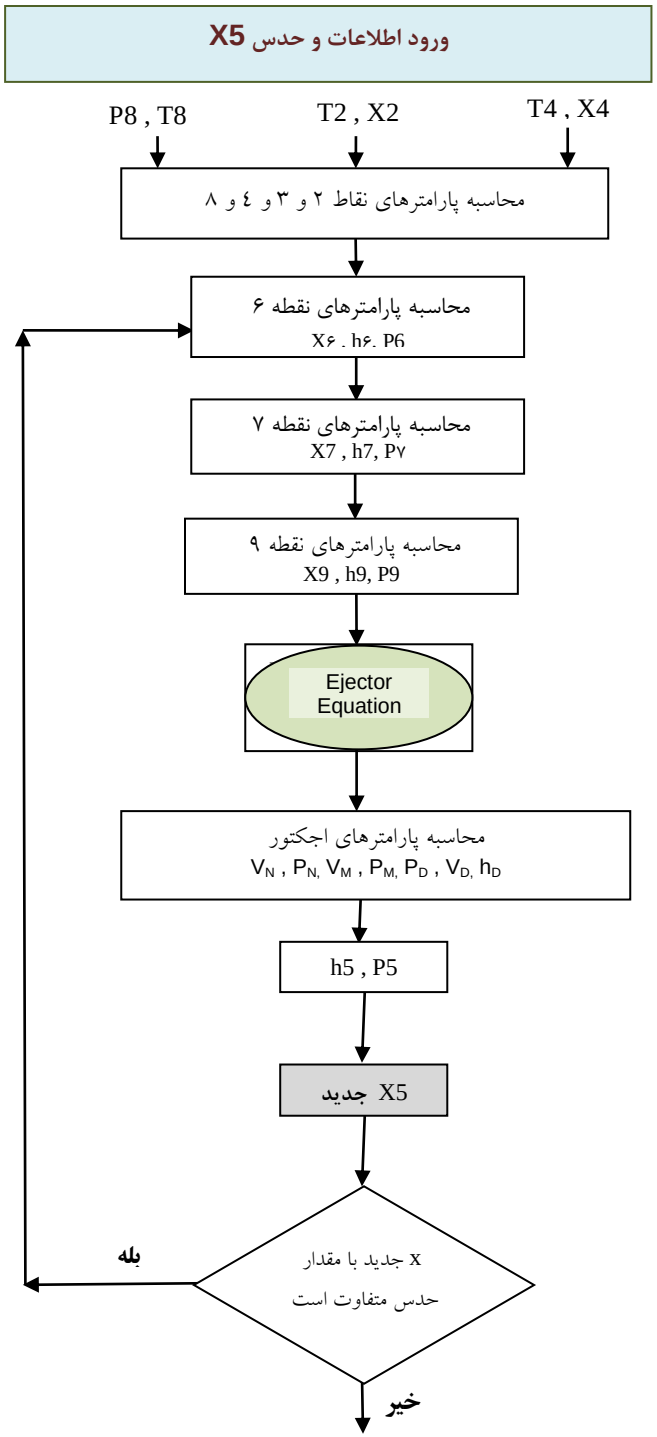
www.SID.ir

بازده عملکرد سیکل تبرید با اجکتور به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g + \dot{W}_p} \quad (۲۵)$$

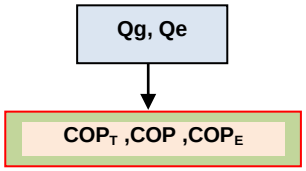
۶- فلوچارت محاسباتی

در شکل ۵ فلوچارت محاسباتی سیکل مذکور نشان داده شده است.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ : فلوچارت محاسباتی سیکل

پس از ورود اطلاعات و حدس کیفیت نقطه ۵ (X5) پارامترهای نقاط ۲و۳و۴و۸ توسط معادلات (۲) و (۱۸) بدست می آیند. سپس با حل معادلات (۲۰) و (۲۱) کلیه پارامترهای نقاط ۶و۷و۹ بدست خواهد آمد.حال با داشتن معادلات مربوط به اجکتور یعنی معادلات (۳)و(۷)و(۸)و(۹)و(۱۰)و(۱۲)و(۱۳) پارامترهای مربوط به اجکتور که شامل سه بخش نازل و لوله اختلاط و دیفیوزر است، بدست می آید. بعد از آن با حل معادلات (۱۳)و(۱۴) آنتالپی،فشار و کیفیت نقطه ۵ بدست خواهند آمد. حال اگر کیفیت بدست آمده با کیفیت حدس زده شده مطابقت نداشته باشد کیفیت جدید حدس زده می شود و اگر مطابقت داشته باشد روند حل معادلات ادامه داشته و با داشتن معادلات (۱۶)و(۱۷) ظرفیت های ژنراتور و اواپراتور بدست می آید و بدنبال آن با معادلات (۲۲)و(۲۳)و(۲۴)و(۲۵)، کار پمپ و ضریب عملکرد حرارتی و الکتریکی سیکل بدست خواهد آمد.

۷- اعتبار سنجی نتایج

اطلاعات به‌دست آمده از کد ترمودینامیکی که با نرم‌افزار EES نوشته شده را با اطلاعات عددی موجود در مقاله مرجع (Da-Wen Sun, 1997) در جدول (۱) مقایسه گردید. حداکثر خطا در این مقایسه ۳,۵ درصد می باشد. جدول (۱) پارامترهای ورودی برای استفاده از مدل سیکل در موارد مختلف را نشان می دهد. این مقادیر بر اساس نتایج آزمایش می باشد.

جدول ۱ : مقایسه پارامترهای مختلف سیکل تبرید جذبی که توسط نرم افزار EES بدست آمده و مقایسه آن با مقاله مربوطه و تعیین درصد خطای آن

پارامتر مقایسه	دمای کندانسور (°C)	دمای اواپراتور (°C)	دمای ژنراتور (°C)	نتایج تحقیق	نتایج مقاله مرجع Da-W. Sun, 1997	درصد خطا
Q_e (kw)	۳۰	-۵	۱۰۰	۱۸,۶۴	۱۸,۵۹	٪ ۰,۲
Q_g (kw)	۳۰	-۵	۱۰۰	۳۰,۵۹	۳۰,۱۳	٪ ۱,۵
Q_c (kw)	۳۰	-۵	۱۰۰	۱۹,۱۱	۱۸,۴۶	٪ ۳,۵
Q_a (kw)	۳۰	-۵	۱۰۰	۳۰,۱۷	۳۰,۳۲	٪ ۰,۴
COP	۳۰	-۵	۱۰۰	۰,۶۰۹۵	۰,۶۱۶	٪ ۱,۱۳

۸- محاسبات نرم افزار برای سیکل ترکیبی جذبی- اجکتوری

مهمترین نتیجه، دستیابی به ضریب عملکرد سیکل جذبی اجکتوری می باشد. جدول (۲) جدول پارامتریک محاسبات را نشان می دهد که در آن تغییرات پارامترهای مختلف را بر اساس تغییرات دمای ژنراتور نشان داده شده است.

www.SID.ir

همانطور که در جدول(۲) مشخص است نتایج حاصل از محاسبات با پارامترهایی مانند ظرفیت های کندانسور، مبدل حرارتی، اواپراتور، ژنراتور و ضریب عملکرد حرارتی سیکل نشان داده شده است.

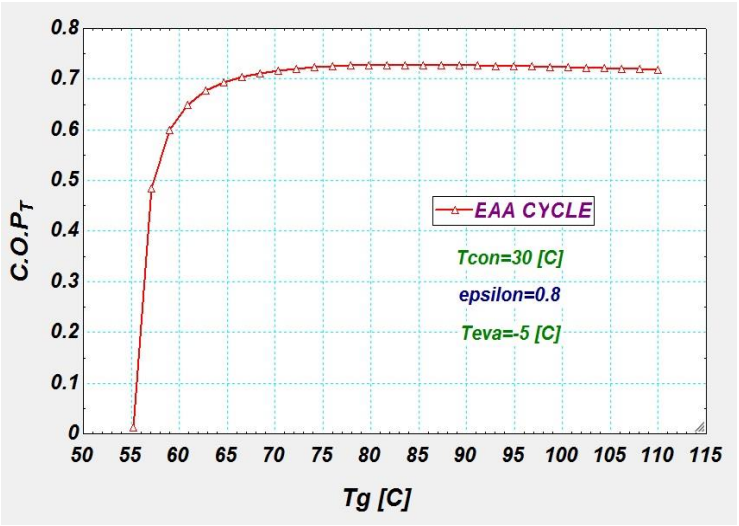
جدول ۲ : جدول پارامتریک محاسبات سیکل جذبی- اجکتوری با نرم افزار EES

اجرای برنامه	دمای کندانسور (°C)	دمای اواپراتور (°C)	دمای ژنراتور (°C)	ظرفیت ژنراتور (kw)	ظرفیت اواپراتور (kw)	ظرفیت کندانسور (kw)	ضریب عملکرد حرارتی
اجرای ۱	۳۰	-۵	۶۵	۱۴,۰۴	۹,۷۶۶	۱۰,۰۱	۰,۶۹۵۸
اجرای ۲	۳۰	-۵	۷۰	۱۸,۵۱	۱۳,۲۶	۱۳,۶	۰,۷۱۶۴
اجرای ۳	۳۰	-۵	۷۵	۲۲,۳۳	۱۶,۱۸	۱۶,۵۹	۰,۷۲۴۵
اجرای ۴	۳۰	-۵	۸۰	۲۵,۶۴	۱۸,۶۵	۱۹,۱۲	۰,۷۲۷۴
اجرای ۵	۳۰	-۵	۸۵	۲۸,۵۶	۲۰,۷۹	۲۱,۳۱	۰,۷۲۷۹
اجرای ۶	۳۰	-۵	۹۰	۳۱,۱۷	۲۲,۶۷	۲۳,۲۴	۰,۷۲۷۱
اجرای ۷	۳۰	-۵	۹۵	۳۳,۵۵	۲۴,۳۴	۲۴,۹۵	۰,۷۲۵۵
اجرای ۸	۳۰	-۵	۱۰۰	۳۵,۷۲	۲۵,۸۴	۲۶,۴۹	۰,۷۲۳۵
اجرای ۹	۳۰	-۵	۱۰۵	۳۷,۷۲	۲۷,۲	۲۷,۸۹	۰,۷۲۱۲
اجرای ۱۰	۳۰	-۵	۱۱۰	۳۹,۵۷	۲۸,۴۴	۲۹,۱۶	۰,۷۱۸۷

شرایط اصلی قسمت های مهم این سیکل به شرح زیر می باشد:

۱. دمای ژنراتور از دمای ۵۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.
۲. دمای کندانسور ثابت و در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد می باشد.
۳. دمای اواپراتور ثابت و در دمای ۵- درجه سانتیگراد می باشد.

همچنین در نمودار (۶) ضریب عملکرد سیکل تبرید جذبی- اجکتوری را نشان می دهد.



www.SID.ir

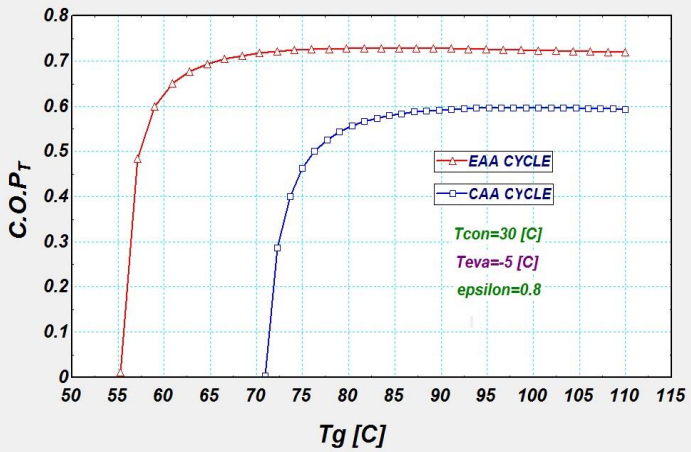
شکل۶ : تغییر ضریب عملکرد سیکل EAA بر اثر تغییر دمای ژنراتور بین ۵۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد با دمای کندانسور ۳۰ درجه سانتیگراد و دمای اواپراتور ۵- درجه سانتیگراد

۹- بررسی عوامل موثر بر راندمان سیکل جذبی- اجکتوری ومقایسه آن با سیکل جذبی معمولی

عواملی که بر راندمان سیکل تبرید جذبی و سیکل تبرید جذبی – اجکتوری موثر می باشد مورد بررسی قرار گرفته است.

۹-۱ تاثیر دمای ژنراتور

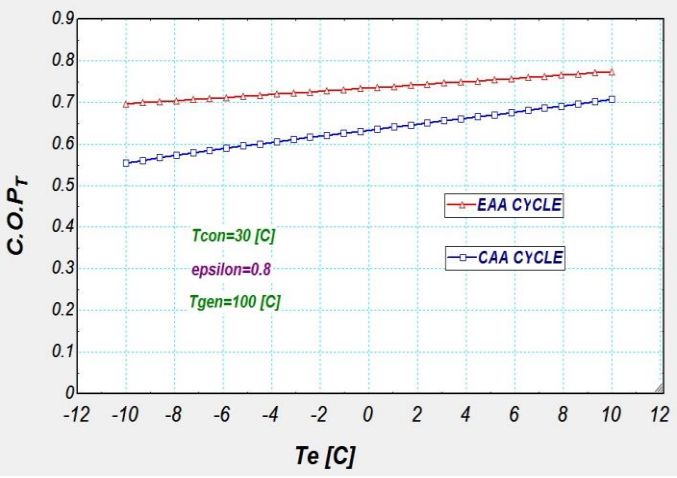
همانطور که در نمودار شکل (۷) دیده می شود با افزایش دمای ژنراتور مقدار ضریب عملکرد سیستم افزایش پیدا می کند. سیکل جذبی معمولی تقریبا از دمای ۷۱ درجه سانتیگراد ولی سیکل ترکیبی تبرید جذبی - اجکتوری حدودا از دمای ۵۵ درجه سانتیگراد می تواند تولید سرما نماید.



شکل۷ : تغییر ضریب عملکرد سیکل CAA و سیکل EAA بر اثر تغییر دمای ژنراتور بین۵۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد با دمای کندانسور ۳۰ درجه سانتیگراد و دمای اواپراتور ۵- درجه سانتیگراد

۹-۲ تاثیر دمای اواپراتور

مطابق نمودار شکل (۸) با افزایش دمای اواپراتور مقدار ضریب عملکرد سیستم تقریبا بصورت خطی افزایش پیدا می کند.

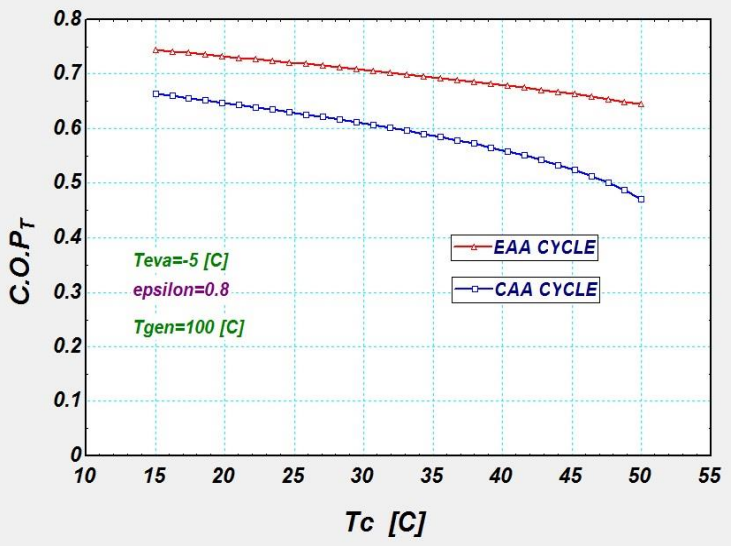


شکل۸ : تغییر ضریب عملکرد سیکل بر اثر تغییر دمای اواپراتور بین ۱۰- تا ۱۰ درجه سانتیگراد با ثابت در نظر گرفتن دمای کندانسور ۳۰ درجه سانتیگراد و دمای ژنراتور۱۰۰ درجه سانتیگراد

www.SID.ir

۹-۳ تاثیر دمای کندانسور

همانطور که در نمودار شکل (۹) دیده می شود با افزایش دمای کندانسور مقدار ضریب عملکرد سیستم کاهش پیدا می کند.



شکل۹ : تغییر ضریب عملکرد سیکل بر اثر تغییر دمای کندانسور بین ۱۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد با ثابت در نظر گرفتن دمای اواپراتور ۵- درجه سانتیگراد و دمای ژنراتور۱۰۰ درجه سانتیگراد

www.SID.ir

۱۰- نتایج

در این قسمت نتایج حاصل از مقایسه سیکل ها مورد بررسی قرار گرفته است. جدول (۳) مقایسه دو سیکل و درصد افزایش راندمان سیکل EAA را در چند دمای مختلف نشان می دهد.

جدول ۳ : مقایسه ضریب عملکرد سیکل تبرید جذبی معمولی و سیکل ترکیبی جذبی- اجکتوری و درصد افزایش آن در سیکل EAA

پارامتر مقایسه	دمای کندانسور (°C)	دمای اواپراتور (°C)	دمای ژنراتور (°C)	نتایج سیکل EAA	نتایج سیکل CAA	درصد افزایش
COP	۳۰	-۵	۸۰	۰,۷۲۷۴	۰,۵۵۳۲	٪ ۳۱,۴۸
COP	۳۰	-۵	۸۵	۰,۷۲۷۹	۰,۵۸۱۱	٪ ۲۵,۲۶
COP	۳۰	-۵	۹۰	۰,۷۲۷۱	۰,۵۹۱۹	٪ ۲۲,۸۴
COP	۳۰	-۵	۱۰۰	۰,۷۲۳۵	۰,۵۹۶۴	٪ ۲۱,۳۱
COP	۳۰	-۵	۱۱۰	۰,۷۱۸۷	۰,۵۹۳	٪ ۲۱,۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱- نتیجه گیری

با توجه به نتایج محاسبات و تحلیل وتجزیه داده ها و مقایسه سیکل های جذبی معمولی و جذبی- اجکتوری، نتایج زیر حاصل می شود :

۱- سیکل تبرید جذبی - اجکتوری دارای ضریب عملکرد بالاتری نسبت به سیکل تبرید جذبی معمولی در شرایط یکسان و مشابه می باشد. در سیکل جدید در دمای ۸۰ درجه ضریب عملکرد ۳۱,۴۸ درصد افزایش، در دمای ۸۵ درجه ضریب عملکرد ۲۵,۲۶ درصد افزایش، در دمای ۹۰ درجه ضریب عملکرد ۲۲,۸۴ درصد افزایش و در دمای ۱۰۰ درجه ضریب عملکرد ۲۱,۳۱ درصد و در دمای ۱۱۰ درجه ضریب عملکرد ۲۱,۱۹ افزایش دارد. این نشانگر این است که با استفاده از طراحی سیکل جدید راندمان بالاتری بدست آمده است.

۲- همانطور که در نمودارهای مربوطه مشخص گردید سیکل تبرید جذبی معمولی (CAA) از دمای ۷۱ درجه سانتیگراد دارای ضریب عملکرد است و در نتیجه دمای ژنراتور بایستی بالاتر از این دما باشد تا سیستم بتواند تولید سرما نماید. ولی در سیکل تبرید جذبی- اجکتوری (EAA) از دمای ۵۵ درجه سانتیگراد دارای ضریب عملکرد است و در نتیجه حدود ۱۶ درجه سانتیگراد دمای فعالسازی را پایین می آورد.

۳- با توجه به اینکه دمای فعالسازی سیکل در حدود ۱۶ درجه کاهش پیدا کرده و در دمای ۵۵ درجه دارای ضریب عملکرد مطلوبی است بنابراین جهت تامین حرارت مورد نیاز برای ژنراتور سیستم می توان از سیستمهای کلکتور خورشیدی با صفحات تخت استفاده نمود. این نیز مشکلات سیستم های جذبی را بدلیل وجود مشعل در سیستم های شعله مستقیم و خط بخار در سیستم های تغذیه بخار حل خواهد نمود.

۴- با افزایش دمای اواپراتور مقدار ضریب عملکرد سیستم تقریبا بصورت خطی افزایش پیدا می کند و این افزایش در سیکل جدید بیشتر است. همانطور که در نمودار شکل (۸) مشخص است برای مثال در دمای اواپراتور ۵- درجه سانتیگراد ضریب عملکرد در سیکل جدید حدود ۱۸ درصد افزایش دارد.

۵- با افزایش دمای کندانسور مقدار ضریب عملکرد سیستم کاهش پیدا می کند که این کاهش در سیکل جدید کمتر است. همانطور که در نمودار شکل (۹) مشخص است برای مثال در دمای کندانسور ۳۰ درجه سانتیگراد ضریب عملکرد در سیکل جدید حدود ۱۶ درصد افزایش دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

طحانی، م . ۲۰۱۵، شبیه سازی ترمودینامیکی کولرهای اجکتوری تراکمی، نشریه علمی پژوهشی مکانیک سازه ها و شاره ها.

[۱] Da-Wen Sun, 1997,Thermodynamic Design Data and Optimum Design Maps for Absorption Refrigeration Systems, Applied Thermal Engineering, 17 [3] , 211-221.

[۲] Da-Wen Sun, 1997,Comparison of the performances of NH,-H2O, NH3-LiNOz and NH,-NaSCN absorption refrigeration systems. *Energy Convers. Mgmnf* (in press),.

[۳] Ventas, R., Lecuona, A., Zacarías, A., Venegas, M., 2010,Ammonia-lithium nitrate absorption chiller with an integrated low-pressure compression booster cycle for low driving temperatures, Appl. Therm. Eng. 30(11-12), 1351-1359..

[۴] Ventas R, Lecuona A, Legrand M, Rodriguez-Hidalgo MC. 2010,recirculation of ammonia–lithium nitrate in adiabatic absorbers for chillers. Appl Therm Eng;30:2770–7..

[5] Da.-W. Sun, I. W. Eames and S. Aphornratana, 1996, Evaluation of a novel combined ejector-absorption refrigeration cycle.1. Computer simulation. *Inf. J. Refrig. 19(3),*172-180.

[6] Levy A, Jelinek M, Borde I. 2002,Numerical study on the design parameters of a jet ejector for absorption systems. Appl Energy ;72:467–78..

[7] Vereda, C., Ventas, R., Lecuona, A., Venegas, M., 2012,Study of an ejector-absorption refrigeration cycle with an adaptable ejector nozzle for different working conditions, Appl. Energy 97, 305–312..

[9] Vereda, C, R. Ventas, A. Lecuona, R. López, 2014, Single-effect absorption refrigeration cycle boosted with an ejector-adiabatic absorber using a single solution pump,.

[10] Klein, S.A., 2013,Engineering Equation Solver Academic Professional V9.47. F-Chart Software..

www.SID.ir