مقاله

معرفی انواع سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای

ابراهیم افشاری *
استادیار گروه مهندسی مکانیک
دانشگاه اصفهان
e.afshari@eng.ui.ac.ir

ریحانه لالی
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک
دانشگاه اصفهان
laali.228@gmail.com

مریم جعفری
دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک
دانشگاه اصفهان
m.jafari1990@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۱

چکیده

سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای مزیت‌های عمده‌ای نسبت به حالت تک‌مرحله‌ای دارند؛ از آن جمله می‌توان به امکان استفاده در فشارهای مطلق پایین‌تر از فشار سیستم تک‌مرحله‌ای و همچنین فراهم‌بودن شرایط کاری در گسترهٔ دماهای گوناگون تبخیرکننده اشاره کرد. اجکتورهای دومرحله‌ای به‌صورت موازی در مواجهه با بار ورودی بالا و به‌حالت سری در فشارهای مطلق پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف این مقاله ارائهٔ نمونه‌هایی متفاوت از آرایش سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای، همچنین بیان نحوهٔ عملکرد و مزیت هریک از آنها، به‌منظور ترویج و گسترش تحقیقات روی این نوع سیکل‌ها می‌باشد. به‌طور کلی، مزیت اجکتورهای چندمرحله‌ای موازی نسبت به اجکتورهای چندمرحله‌ای حالت سری این است که اگر در یکی از اجکتورهای سیستم خرابی به‌وجود آید، می‌توان بدون ایجاد مشکل در سیستم آن را به‌منظور تعمیر و یا جایگزینی از سیستم جدا کرد.

واژگان کلیدی: سیکل تبرید اجکتوری، اجکتور دومرحله‌ای، ترکیب موازی و سری

۱. مقدمه

اجکتور نوع ساده‌شدهٔ یک پمپ خلأ یا کمپرسور خلأ بدون اجزای متحرک مکانیکی است. به بیان ساده‌تر، اجکتور با استفاده از انرژی جنبشی سیال با فشار بالا (سیال اولیه)، سیال با فشار کم (سیال ثانویه) را به‌حرکت درمی‌آورد و سپس آنها را با هم مخلوط می‌کند. هرچند سیکل‌های اجکتوری ضریب عملکرد پایین‌تری نسبت به سیکل‌های تراکم بخار دارند؛ اما تجهیزات کمتر، عدم نیاز به روغنکاری و در نتیجه نگه‌داری آسان از ویژگی‌های متمایز سیکل‌های اجکتوری است. علاوه بر این، امکان استفاده از سیالات عامل سازگار با محیط زیست همچون آب مهم‌ترین مشخصهٔ آن است [۱]. به‌طور کلی می‌توان اجکتورها را به دو دستهٔ تک‌مرحله‌ای و چندمرحله‌ای تقسیم‌بندی کرد. امروزه برای بهبود کارایی پایین سیکل‌های تبرید با اجکتورهای تک‌مرحله‌ای، سیکل‌های تبرید اجکتوری با

اجکتورهای چندمرحله‌ای متنوعی مدلسازی شده است که نسبت به مدل‌های تک‌مرحله‌ای مزایای به قرار ذیل دارند:

۱. به سیستم اجازه می‌دهند در فشارهای مطلق پایین‌تر از فشار سیستم تک‌مرحله‌ای عمل کند [۸].

۲. بعضی از آنها شرایط کاری را در گسترهٔ دماهای گوناگون تبخیرکننده فراهم می‌کنند [۹].

اجکتورهای چندمرحله‌ای به‌صورت موازی و سری مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اجکتورهای چندمرحله‌ای به‌صورت موازی معمولاً در مواردی که بار ورودی بالایی داشته باشیم، استفاده می‌شود؛ اما وقتی بخواهیم در فشارهای مطلق پایین کار کنیم، نوع سری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت اجکتورهای چندمرحله‌ای موازی نسبت به حالت سری این است که اگر در یکی از اجکتورهای سیستم خرابی به‌وجود آید، می‌توان بدون ایجاد مشکل در سیستم، به‌منظور تعمیر و یا جایگزینی آن را از سیستم جدا کرد؛ اما در مدل‌سازی اجکتورها به‌صورت موازی باید در نظر داشت که همواره یک اجکتور در حال کار است و عملکرد بقیهٔ اجکتورها توسط فشار کندانسور تعیین می‌گردد [۱۰].

استفاده از سیکل تبرید اجکتوری نخستین‌بار در سال ۱۹۱۰ م توسط لی بالانس گسترش یافت. وی از یک اجکتور با سیال عامل آب استفاده و ملاحظه کرد که سیکل دارای ضریب عملکرد پایینی است. کنان و همکاران [۲] اولین گروهی بودند که به مطالعهٔ تئوری فرایند درون اجکتور پرداختند و مدل یک‌بعدی براساس روابط دینامیک گاز و تئوری اختلاط ارائه نمودند؛ اما مدل آنها دارای ضعف‌های زیادی بود و نمی‌توانست اثر ظرفیت ثابت را وقتی فشار خروجی (فشار کندانسور) کاهش می‌یابد توجیه کند. پس از آن، مطالعات تئوری برهمین مبنا انجام شد. کایروآنی و همکاران [۳] مدل جامعی را با اعمال تأثیر اصطکاک و بازده انرژی ارائه نمودند. بررسی کمیت‌های هندسی اجکتور به‌کمک دینامیک سیالات محاسباتی نخستین‌بار توسط ژیو و همکاران [۴] انجام شد. آنها نتیجه گرفتند که موقعیت خروجی نازل در مکش جریان ثانویه تأثیرگذار است. در کنار مطالعات تئوری، مطالعات آزمایشگاهی زیادی روی سیکل انجام شد. سلوارج و مانی [۵] به‌کمک روش آزمایشگاهی و مبرد R134a، اثر ابعاد اجکتور و شرایط عملیاتی نظیر دمای ژنراتور و تبخیرکننده را بر عملکرد سیکل بررسی و مشاهده کردند که انتخاب مناسب دمای تبخیرکننده و ژنراتور بر میزان ضریب عملکرد سیکل تأثیر بسزایی دارد. چاران [۶] با مطالعهٔ آزمایشگاهی به مقایسهٔ عملکرد سیکل تبرید اجکتوری با مبردهای گونالگون پرداخت و نتیجه گرفت که مبردهایی نظیر R_{11} ، R_{12}، R_{21}، R_{22} و R_{113} بهترین عملکرد را ارائه می‌دهند. چایونگس و ونویسیس [۷] اثر قطر گلوگاه بر عملکرد سیکل تبرید اجکتوری را تحلیل و بررسی نمودند.

در ادامه مدل‌سازی‌های متفاوتی از آرایش سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای معرفی می‌گردد و نحوهٔ عملکرد هر یک از این سیکل‌ها و مزیت آنها بیان می‌شود.

۲. انواع سیکل‌های تبرید با اجکتور دومرحله‌ای

۲-۱. مدل اول

نمونه‌ای از سیستم‌های تبرید اجکتور دومرحله‌ای و سیکل ترمودینامیکی مربوط به آن در قالب نمودار دما – آنتروپی به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نمایش داده شده است. این سیستم از یک ژنراتور، دو اجکتور، یک کندانسور، یک شیر انبساط، یک تبخیرکننده، یک پمپ سیرکوله، یک مبدل حرارتی و یک گیرنده تشکیل شده است. آب به‌عنوان سیال کاری در سیستم استفاده می‌شود. مبرد در ژنراتور و در فشار اشباع با جذب گرما از گازهای سوخته‌شدهٔ موتور به جوش می‌آید. بخار فشار بالا (سیال اولیه) به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش اول در میان نازل همگرا – واگرا در اجکتور اول و بخش دوم در میان نازل همگرا – واگرا در اجکتور دیگر گسترش می‌یابد. به‌طور همزمان، بخار مبرد از تبخیرکننده و بخار خروجی از اجکتور اول، به‌عنوان جریان ثانویه، به‌ترتیب به اجکتور اول و دوم وارد می‌شوند. هر دو جریان در محفظهٔ اختلاط هر اجکتور با هم ترکیب

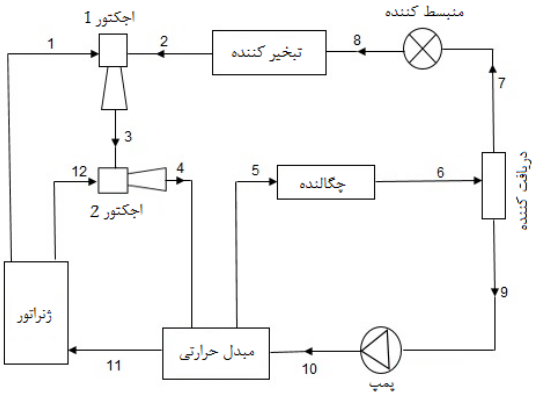
می‌شوند. جریان مخلوط‌شده متحمل یک موج ضربه‌ای در محفظه قطر ثابت و در بخش دیفیوزر می‌شود تا زمانی‌که فشار آن به‌ترتیب تا فشار متوسط و فشار چگالش اجکتور اول و دوم افزایش یابد.

جریان دما بالا در خروجی اجکتور دوم، پیش از ورود به کندانسور و به‌منظور افزایش دما در میان مبدل حرارتی جریان می‌یابد و سپس در کندانسور به‌وسیلهٔ فرایند چگالش و مبرد هوا سرد می‌شود. سیال چگالیده‌شده به دو بخش تقسیم می‌شود؛ قسمتی از آن در میان شیر انبساط جریان یافته و فشار آن تا فشار تبخیرکننده کاهش می‌یابد و بخش دیگر جهت تکمیل سیکل در مبدل حرارتی جریان یافته، تا قبل از بازگشت به ژنراتور دمای آن افزایش یابد [۱۱]. هدف اصلی از طراحی این مدل،کاهش مصرف سوخت و میزان گازهای دی اکسید کربنی است که از اگزوز اتومبیل خارج می‌شود. این کار با بهره‌گیری از گرمای گازهای سوخته‌شده موتور به منظور راه‌اندازی سیکل حاصل می‌شود. مزیت دیگر این سیکل آن است که قابلیت کارکردن تحت دماهای بالای چگالش را فراهم می‌آورد.

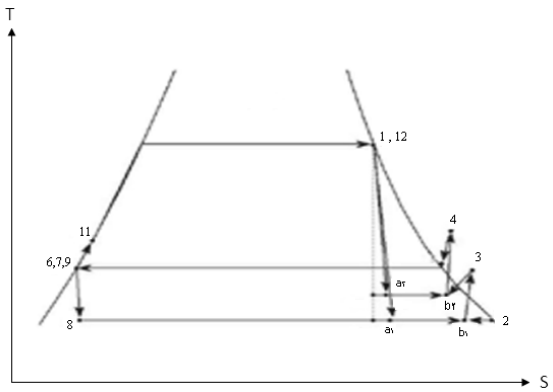
۲-۲. مدل دوم

براساس سیکل تک‌اجکتوری لی و گرول [۱۲]، یک سیکل دو اجکتوری مطابق نمای نشان داده شده در شکل ۳، پیشنهاد شده است. این سیکل از یک کمپرسور، یک خنک‌کنندهٔ گازی، دو اجکتور، دو جداکننده (۱ و ۲)، چهار شیر گلوگاه و یک تبخیرکننده ترکیب شده است. جزئیات عملکرد این سیکل در ادامه شرح داده می‌شود.

جرم واحدی از بخار متراکم دی اکسید کربن در حالت فوق‌بحرانی وارد یک خنک‌کنندهٔ گازی می‌شود. سپس جریان سردشده به‌عنوان جریان اصلی، برای بیرون دادن ω_1 جرم واحد از سیال کم‌فشار از جداکنندهٔ دوم، وارد اجکتور اول می‌شود. جرم واحد $(1+\omega_1)$ از سیال مخلوط می‌شود و از دیفیوزر اجکتور اول عبور و در جداکنندهٔ اول جریان می‌یابد. کیفیت جداکنندهٔ اول (x_1) باید نسبت به دبی جرمی جریان مکیده‌شده به داخل کمپرسور، برای اطمینان از بقای جرم و نگه‌داشتن حالت پایا بیشتر باشد؛ یعنی $(1+\omega_1)x_1>1$. در نتیجه بخار اضافی با جریان مایع از طریق سوپاپ دریچهٔ گاز ترکیب می‌شود و در اجکتور دوم جریان می‌یابد. مایع و بخشی از بخار جداکنندهٔ اول، به‌عنوان جریان اصلی اجکتور دوم به‌کار رفته و با ω_2 واحد جرم جریان مکیده‌شده از تبخیرکننده مخلوط می‌شود. جریان مخلوط‌شده از دیفیوزر اجکتور دوم عبور کرده و وارد جداکننده دوم می‌شود. همچنین جداکنندهٔ دوم هم باید شرط $((1+\omega_1)x_1-1+\omega_2)x_2>\omega_1$ را ارضا کند. جرم واحد ω_1 از واحد بخار، به داخل اجکتور اول مکیده شده و بخار مایع باقی‌ماندهٔ جداکنندهٔ دوم از شیر گلوگاه عبور و وارد تبخیرکننده می‌شود. جریان تبخیرکننده به داخل اجکتور دوم مکیده شده و این حلقه کامل می‌گردد.



شکل ۱. شماتیک سیکل تبرید دواجکتوری (مدل اول) [۱۱]



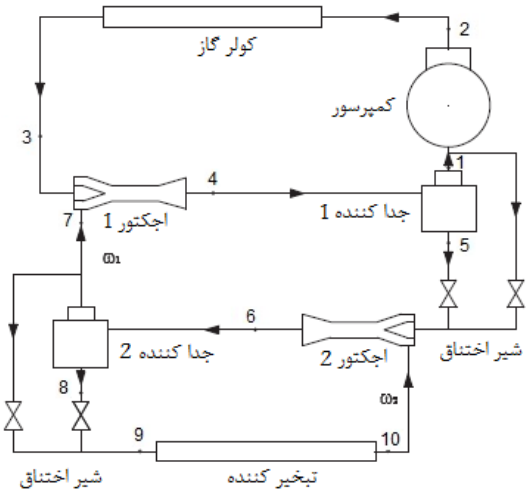
شکل ۲ . نمودار دما – آنتروپی سیکل تبرید دو اجکتوری (مدل اول) [۱۱]

باید توجه داشت که معرفی تعداد بیشتر اجکتور برای سیکل با استفاده از همان روش تشریح شده در فوق امکان‌پذیر است. اگرچه تعداد بیشتر اجکتورها، کنترل سیکل تبرید را پیچیده‌تر و گران‌تر می‌کند؛ بنابراین در عمل امکان‌پذیر نیست.

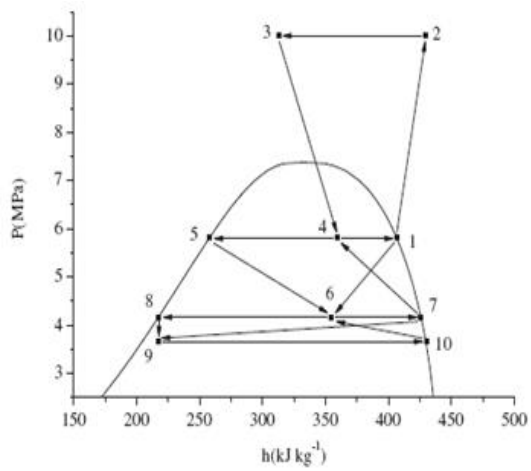
دیاگرام فشار – آنتالپی این سیکل در شکل ۴ نمایش داده شده است. فشار ورودی ۱ کمپرسور، خیلی بیشتر از خروجی ۱۰ تبخیرکننده است؛ بنابراین مصرف کار کمپرسور تا حد زیادی کاهش می‌یابد. افت فشار ۸–۹ در میان دریچهٔ گلوگاه هم نسبت به سیکل‌های معمولی، از جمله سیکل اصلی بدون اجکتور و سیکل اجکتور انبساطی با یک اجکتور، کمتر است. بیش‌ترین مزیت این سیکل پیچیده این است که می‌تواند بیشتر تلفات انبساطی سیکل دی اکسید کربن فوق‌بحرانی در مقایسه با سیکل تک‌اجکتوری را بازیابی کند [۹].

۲-۳. مدل سوم

شکل ۵ نمای شماتیک یک سیکل تبرید اجکتوری پیشرفته را نمایش می‌دهد که از یک اجکتور با مکش دومرحله‌ای استفاده می‌کند. اجکتور با دو ورودی مکش، مبرد فشار پایین را از دو تبخیرکننده به‌عنوان جریان ثانویه مکش می‌کند. این امر سبب می‌شود مبرد در دو فشار پایین متفاوت تبخیر شود و جریان ثانویه با فشار متوسطی را تولید کند. اجکتور می‌تواند با افزایش فشار متوسط جریان ثانویه با نرخ فشار بالایی کار کند. به‌عبارت دیگر هر دو تبخیرکننده به‌صورت موازی تنظیم می‌شوند. آرایش موازی در سیکل تبرید اجکتوری به تهویهٔ بهتر هوا کمک می‌کند؛ زیرا دماهای تبخیر مبرد در هر دو تبخیرکننده می‌تواند با تغییرات دمای هوای بیرون تطبیق داده شود. در اجکتور با دو ورودی مکش، در ابتدا سیال اولیه بخار مبرد را از تبخیرکنندهٔ اول مکش می‌کند. سپس سیال مختلط مرحلهٔ اول برای رسیدن به فشار تبخیرکنندهٔ دوم داخل دیفیوزر متراکم می‌گردد. سیال مختلط دیفیوزر اول را در سرعت بالایی برای ورود به محفظهٔ اختلاط دوم ترک می‌کند و در حین ورود به محفظهٔ اختلاط دوم، بخار مبرد را از تبخیرکنندهٔ دوم مکش می‌نماید. به‌طور مشابه، با تراکم در دیفیوزر اجکتور دو مجریان مختلط فشار بالا در خروجی دیفیوزر دوم شکل می‌گیرد و این جریان به‌سمت جداکننده جریان می‌یابد.



شکل ۳. نمای شماتیک سیکل تبرید دی اکسید کربن با دو اجکتور انبساطی (مدل دوم) [۱۲]



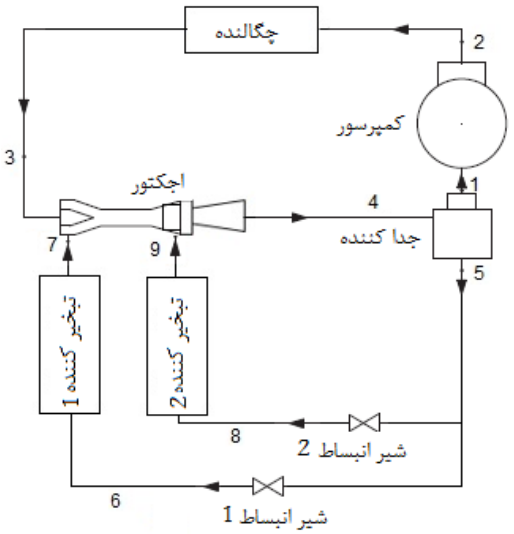
شکل ٤. دیاگرام فشار - آنتالپی سیکل تبرید دی اکسید کربن با دو اجکتور انبساطی (مدل دوم) [۱۲]

شکل ۶ نمودار فشار – آنتالپی سیکل تبرید اجکتوری با مکش دومرحله‌ای را نشان می‌دهد. فرایندهای ۳–۳′،

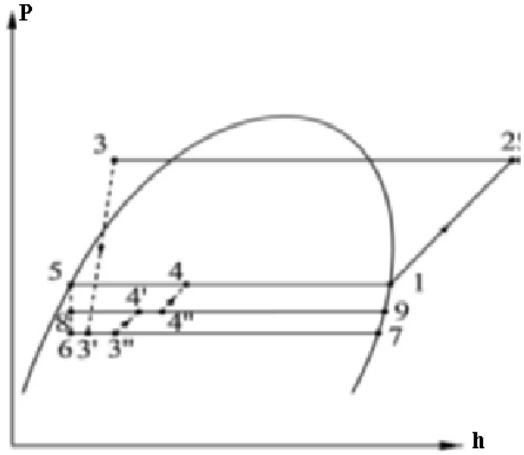
۳″ – (۷– ۳′)، ۴′ –۳″، ۴′ –۴″ و ۴″–(۹–۴′) فرایندهای کاری در اجکتور با دو ورودی مکش را نشان می‌دهد. بقیهٔ سیکل مشابه مسیرهای فرایند سیکل تبرید اجکتوری می‌باشد؛ با این تفاوت که یک اجکتور با دو ورودی مکش جایگزین اجکتور معمولی شده است. بر طبق فرایندهای سیکل، بخار اشباع مبرد فشار بالا، جداکننده را به‌عنوان سیال مکش کمپرسور ترک می‌کند و نرخ فشار و کار مکانیکی کمپرسور را کاهش می‌دهد. بنابراین سیکل تبرید اجکتوری با دو ورودی مکش می‌تواند برای سیستم‌های تهویه مطبوع مناسب‌تر از دیگر سیکل‌ها باشد [۹].

۲-٤. مدل چهارم

در شکل ۷ نمونه‌ای دیگر از سیکل‌های تبرید اجکتوری دومرحله‌ای به‌صورت شماتیک نمایش داده شده است. در این مدل طرح غیرمعمولی از اجکتور ارائه شده که در آن دو اجکتور در یک ساختمان ادغام شده‌اند (شکل ۸). ساختمان این اجکتور به این صورت است که دو مرحلهٔ آن به‌طور متوالی و بدون فاصله قرار گرفته‌اند. ساخت حلقهٔ اولیه می‌تواند دشوار باشد؛ چون در بخش‌هایی از گلویی نیاز به کاهش قدرت خنک‌کنندگی وجود دارد. اجکتور مرحلهٔ اول فاقد دیفیوزر بوده و خروجی آن از محفظهٔ قطر ثابت به‌طور مستقیم وارد محفظهٔ قطر ثابت مرحلهٔ دوم اجکتور می‌شود. این سیستم از یک ژنراتور دومداره، یک تبخیرکننده، یک کندانسور، یک شیر انبساط، یک پمپ سیرکوله و یک اجکتور دومرحله‌ای تشکیل شده است. آب به‌عنوان سیال عامل در این سیستم استفاده شده است. آب با جذب گرما در ژنراتور به جوش می‌آید و افزایش فشار می‌دهد. بخار فشار بالا به دو بخش تقسیم می‌شود و به‌عنوان جریان اولیه وارد نازل همگرا – واگرای مرحلهٔ اول اجکتور می‌گردد. بخار آب در فشار اشباع و در دمای تبخیرکننده، به‌عنوان سیال ثانویه وارد اجکتور مرحلهٔ اول می‌گردد. این دو جریان وارد محفظهٔ قطر ثابت مرحلهٔ اول اجکتور شده، در این ناحیه با هم اختلاط می‌یابند و جریان مختلط آنها به‌عنوان جریان ثانویهٔ مرحلهٔ دوم اجکتور، وارد محفظهٔ قطر ثابت اجکتور دوم می‌شود و با جریان اولیه اختلاط می‌یابد. جریان مختلط با عبور از دیفیوزر مرحلهٔ دوم، فشار آن تا فشار کندانسور افزایش می‌یابد. جریان خروجی از اجکتور وارد کندانسور شده و با دفع گرما چگالیده می‌شود. سیال چگالیده شده به دو بخش تقسیم می‌شود. قسمتی از آن در میان شیر انبساط جریان یافته و فشار آن تا فشار تبخیرکننده کاهش می‌یابد و بخش دیگر جهت تکمیل سیکل، از طریق یک پمپ سیرکوله وارد ژنراتور می‌شود [۱۳].



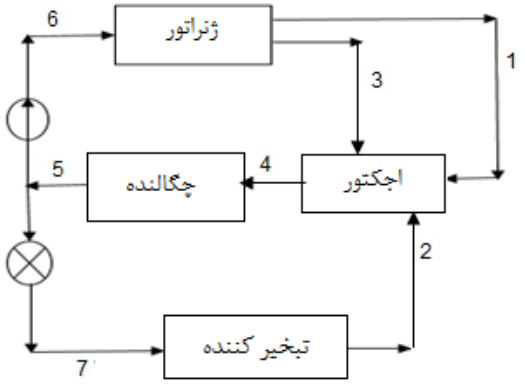
شکل ۵. سیکل تبرید اجکتوری با مکش دومرحله‌ای (مدل سوم) [۹]



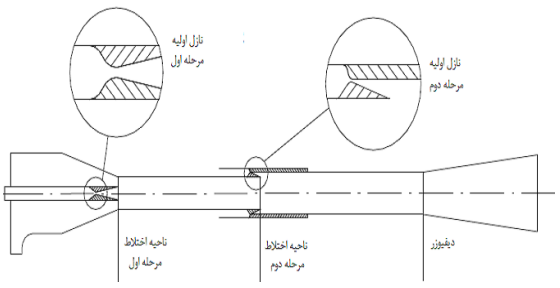
شکل ٦ نمودار فشار – آنتالپی سیکل تبرید اجکتوری با مکش دومرحله‌ای (مدل سوم) [۹]

۳. نتیجه‌گیری

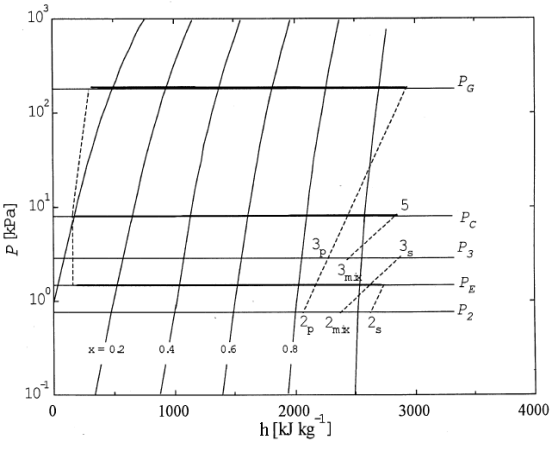
در این مقاله، به مدل‌های متنوع سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای به‌اجمال اشاره شد. استفاده از این سیکل‌ها در فشارهای مطلق پایین‌تر و یا گسترهٔ دماهای گوناگون تبخیرکننده نسبت به نوع تک‌مرحله‌ای ترجیه داده می‌شود. آرایش‌های متفاوتی از سیکل‌های تبرید اجکتوری با اجکتورهای دومرحله‌ای وجود دارد که بسته به شرایط کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. مثلاً از مدل اول برای کاهش مصرف سوخت و انتشار گاز دی اکسید کربن از یک اتوبوس استفاده می‌شود؛ زیرا می‌توان از گرمای در دسترس از گازهای سوخته‌شده برای حرکت این سیستم استفاده کرد. همچنین این مدل قابلیت کار تحت دماهای بالای چگالش را دارد. در مدل دوم، با توجه به وجود کمپرسور و خنک‌کنندهٔ گازی می‌توان از سیال عامل‌های گازی همچون دی اکسید کربن استفاده کرد. همچنین این مدل توانایی بالایی در بازیابی تلفات انبساطی دارد. در مدل سوم؛ یعنی سیکل تبرید اجکتوری با دو ورودی مکش، دو تبخیرکننده در دو دمای تبخیر متفاوت به‌طور موازی حضور دارد که این امر به تهویهٔ بهتر هوا کمک می‌کند؛ زیرا دماهای تبخیر مبرد در هر دو تبخیرکننده می‌تواند با تغییرات دمای هوای بیرون تطبیق داده شود. بنابراین سیکل تبرید اجکتوری با دو ورودی مکش می‌تواند برای سیستم‌های تهویهٔ مطبوع مناسب‌تر از دیگر سیکل‌ها باشد. در مدل چهارم به‌دلیل ادغام هر دو اجکتور در یک اجکتور، تجهیزات کمتری به‌کار برده شده است که در نتیجه هزینهٔ ساخت را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر استفاده از دو ژنراتور در دو دمای متفاوت را نیز ممکن می‌کند.



شکل ۷. شماتیک سیکل تبرید با دو اجکتور ادغام‌شده [۱۳]



شکل ۸. شماتیک اجکتور دومرحله‌ای ادغام‌شده (مدل چهارم) [۱۳]



شکل ۹. نمودار فشار – آنتالپی سیکل تبرید اجکتوری با اجکتور دومرحله‌ای ادغام‌شده [۱۳]

۵. مآخذ

[۱] باغبان، مجتبی، زهره شمس، مهران عامری، "مطالعهٔ مقایسه‌ای اجکتور در یک سیکل تبرید اجکتوری"، *کنفرانس سالانهٔ مهندسی مکانیک*، دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

[2] Keenan, J. H., E. P. Neumann. "A Simple Air Ejector", *Journal Applied Mechanics-TASME*, Vol. 64, 1942.

[3] Kairouani, L., M. Elakhdar, E. Nehdi, N. Bouaziz. "Use of Ejectors in a Multi evaporator Refrigeration System for Performance Enhancement." *International Journal of Refrigeration*, Vol. 32, No. 6, 2009.

[4] Zhu, Y., W. Cai, Ch. Wen, Y. Li. "Numerical Investigation of Geometry Parameters for Design of High Performance Ejectors", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 29, No. 5, 2008.

[5] Selvaraju, A., A. Mani. "Experimental Investigation on R134a Vapour Ejector Refrigeration System." *International Journal of Refrigeration*, Vol. 29, 2006.

[6] Sun, D.W. "Comparative study of the performance of an ejector refrigeration cycle operation with various refrigerates." *Energy Conversion & Management*, Vol. 40, 1999.

[7] Chaiwongsa, P., S. Wonwises. "Effect of throat diameters of the ejector on the performance of the refrigeration on cycle using a two-phase ejector as an expansion device", Department of mechanical engineering, university of technology Thonburi, Bangkok, 2007.

[8] Milazzo, A., A. Rocchetti, I.W. Eames, "Theoretical and experimental activity on Ejector Refrigeration", Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Firenze, via di S.Marta, 3, 50139 FIRENZE, italy, 2013.

[9] Yu, Jianlin, Xin Song, Ming Ma, "Theoretical study on a novel R32 refrigeration cycle with a two-stage suction ejector", Department of Refrigeration & Cryogenic Engineering, School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049,PR China, 2013.

[10] Pridasawas, W. "Solar-Driven Refrigeration Systems with Focus on the Ejector Cycle", Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration Department of Energy Technology, Stockholm, October 2006.

[11] Jaruwongwittaya, T., G. Chen, "Application of Two Stage Ejector Cooling System in a Bus", Institute of Refrigeration and Cryogenics, National Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, 38 Zheda Road, Hangzhou, Zhejiang 310027, PR China, 2012.

[12] Cen, J., P. Liu, F. Jiang, "A novel transcritical CO_2 refrigeration cycle with two ejectors", Key Laboratory of Renewable Energy and Gas Hydrate, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, No. 2, Nengyuan Rd., Guangzhou 510640, China.

[13] Grazzini, G., A. Rocchetti, "Numerical optimization of a two-stage ejector refrigeration plant", Dipartimento di Energetica ''S. Stecco'', Universita` di Firenze, Via di Santa Marta, 3, 50139 Firenze, Italy, 2002.