

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

## تأثیر دمای کندانسورها و کاربرد مبردهای مختلف بر روی عملکرد سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی

فرزین پیراسته فر، گروه مکانیک، پردیس علوم تحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران؛ sina\_pirastehfar@yahoo.com  
 احد عابدینی، گروه مکانیک، پردیس علوم تحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران؛ ahad\_abedini@yahoo.com  
 علی حیدری، گروه مکانیک، پردیس علوم تحقیقات سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران؛ ali\_heydari@yahoo.com

### چکیده

در این تحقیق سیکل تبرید آبشاری جذبی-تراکمی و پارامترهای موثر بر آن مورد بررسی قرار می‌گیرند که در آن از گرمای پس داده شده از کندانسور سیکل تبرید تراکمی به عنوان محرک اواپراتور سیکل تبرید جذبی استفاده می‌شود. از سیالات آب و آمونیاک برای سیکل جذبی و R23، R134a، R13، ایزوپنتان و دی‌اکسید کربن به عنوان سیالات عامل سیکل تبرید تراکمی مورد استفاده قرار می‌گیرند و با یکدیگر مقایسه و بهینه می‌شوند. برای شبیه‌سازی، دمای کندانسور سیکل جذبی برابر ۳۱۳ K و دمای کندانسور سیکل تراکمی را ۲۹۱ K و دمای اواپراتور برابر ۲۶۳ K در نظر گرفته شده است. همچنین در این تحقیق به کمک مدل‌سازی سیستم در نرم افزار EES میزان ظرفیت سرمایشی، گرما و کار مصرفی مورد نیاز سیکل برای مبردهای مذکور مورد بررسی قرار گرفته اند که جذب کننده و پمپ بیشترین و کمترین تلفات انرژی را دارند.

کلمات کلیدی: ظرفیت سرمایشی، تبرید آبشاری، کندانسور، انرژی

### مقدمه

تحولات به وقوع پیوسته در صنعت و شیوه‌های جدید استفاده از منابع نیرو و همچنین رشد اقتصادی روز افزون، موجب خواهد شد که در طی ۲۰ سال آینده تحولاتی اساسی در زمینه صنعت تبرید در سراسر دنیا رخ دهد. سرمایش تراکمی و جذبی یکی از فناوری‌های کلیدی در زمینه سرمایش، گرمایش و تامین نیرو برای ساختمان‌ها می‌باشد. سرمایش جذبی امکانات قابل توجهی را برای تبدیل گرمای هدررفته به سرمایش در اختیار می‌گذارد. سرمایشی که از این طریق بدست می‌آید را می‌توان به منظور نگهداری و ارتقای کارایی توربین‌های گازی و ژنراتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار داد. تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد تحلیل انرژی سیکل تبرید جذبی ارائه شده است. آرورا<sup>۱</sup> و کاوشیک<sup>۲</sup> [1] در تحقیقشان به این نتیجه رسیدند که از دیدگاه تخریب انرژی در سیکل تبرید جذبی به ترتیب کندانسور، کمپرسور، شیر انبساط و اواپراتور دارای بیشترین مقدار تخریب انرژی هستند. در مورد سیال مورد استفاده در سیکل تبرید جذبی هم تاکنون تحقیقاتی صورت گرفته است. یکی از مهمترین این تحقیقات کار ماکریس<sup>۳</sup> [2] است که در آن به بررسی بیشتر از ۴۰ ماده مبرد و ۲۰۰ ماده جاذب مورد استفاده در سیکل تبرید جذبی پرداخته است ولی در اکثر قریب به اتفاق تحقیقات انجام گرفته در مورد سیکل تبرید جذبی فقط از سیالات دوجزئی معروف لیتیم برماید-

آب و آمونیاک-آب بهره گرفته شده است. در جدیدترین تحقیق سیمسیت<sup>۴</sup> و ازترک<sup>۵</sup> [3] سیکل ترکیبی تبرید جذبی و تبرید تراکمی را از دیدگاه انرژی مورد تحلیل قرار دادند. برای سیکل تبرید جذبی از سیال عامل لیتیم برماید-آب و برای سیکل تبرید تراکمی از سیالات عامل R134a، R410a و آمونیاک بهره گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که مصرف انرژی در این سیکل ترکیبی به مقدار ۴۸ تا ۵۱ درصد کمتر از مصرف انرژی در سیکل تبرید تراکمی با سیالات عامل انتخاب شده در این تحقیق در شرایط کارکردی یکسان (دمای اواپراتور ۲۶۳ کلوین و دمای کندانسور ۳۱۳ کلوین) است. بنابراین در تحقیق حاضر سیکل ترکیبی تبرید جذبی و تبرید تراکمی برای بررسی انتخاب گردیده است که در آن بجای سیال عامل لیتیم برماید-آب از سیال عامل آب-آمونیاک برای سیکل تبرید جذبی بهره گرفته شده است. همچنین از سیالات عامل دی‌اکسید کربن، ایزوپنتان، R13، R123 و R134a که همگی دوستدار محیط هستند بهره گرفته شده است. همه سیالات عامل مورد بررسی در این تحقیق دارای ضریب ODP (تخریب اوزون) و GWP (گرمایش زمین) بسیار پایینی هستند و بنابراین از نظر محیطی بسیار سیالات قابل قبولی برای سیستم‌های تبدیل انرژی هستند. همچنین در تحقیق حاضر سیکل ترکیبی هم از دیدگاه انرژی مورد بررسی قرار می‌گیرد و هم از دیدگاه انرژی. بنابراین تحلیل انرژی و انرژی کاملی روی سیکل ترکیبی مورد بررسی در این تحقیق صورت گرفته و نتایج بدست آمده برای سیالات مختلف با همدیگر مقایسه می‌گردند. همچنین مطالعه پارامتریکی اثرات دماهای مختلف کندانسور بر سیکل آبشاری صورت گرفته و اثر تغییرات پارامترهای عملکردی سیکل ترکیبی بر عملکرد انرژی و انرژی آن مورد تحلیل و بحث قرار گرفته و مقادیر بهینه‌ای برای این پارامترهای عملکردی محاسبه می‌شود.

### فرضیات زیر را برای سیکل آبشاری خواهیم داشت:

- سیستم در حالت پایا کار میکند.
- خروجی جاذب مایع اشباع فرض شده است.
- خروجی کندانسور ۲ مایع اشباع فرض میشود.
- خروجی کندانسور ۱ مایع اشباع فرض میشود.
- خروجی ژنراتور بسمت کندانسور ۲ بخار اشباع فرض میشود.
- خروجی اواپراتور ۱ بخار اشباع در نظر گرفته میشود.

<sup>4</sup> Cimsit

<sup>5</sup> Ozturk

<sup>1</sup> Arora

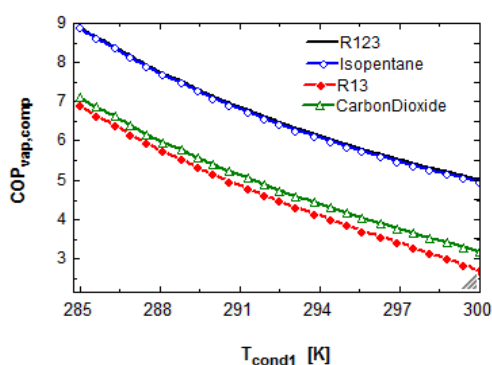
<sup>2</sup> Kaushik

<sup>3</sup> Marciress

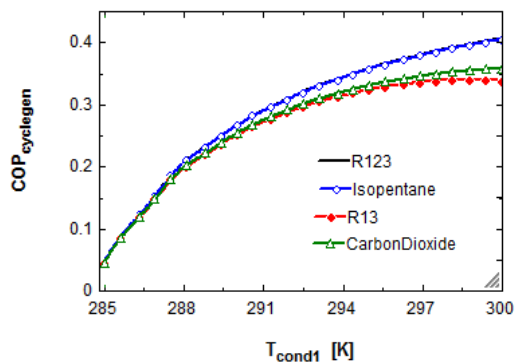


۵۰	نرخ گرمای داده شده به اواپراتور ۱ (kW)
۰/۸	بازده ایزنتروپیک پمپ
۰/۸	بازده ایزنتروپیک کمپرسور
۰/۶	ضریب تاثیر مبدا حرارتی
۱۵	اختلاف دمایی خروجی های اواپراتور ۲ و کندانسور ۱ (K)
۲۹۸/۱۵	دمای محیط (K)
۱۰۰	فشار محیط (kPa)

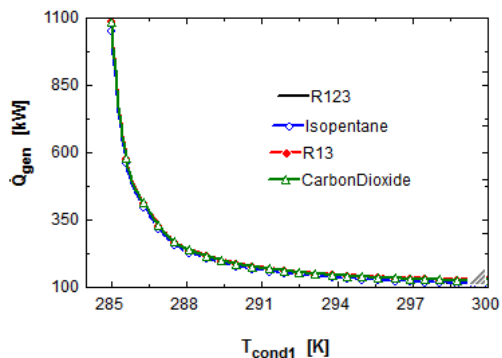
تاثیر دمای کندانسور سیکل تبرید تراکمی بر عملکرد سیکل های آبشاری



شکل ۲: تاثیر دمای کندانسور سیکل تراکمی بر ظرفیت سیکل تراکمی



شکل ۳: تاثیر دمای کندانسور سیکل تراکمی بر ظرفیت سیکل آبشاری



شکل ۴: تاثیر دمای کندانسور سیکل تراکمی بر گرمای جذب شده ژنراتور

$$\begin{aligned} & \dot{m}_{10}(h_{10} - h_9) \\ &= \dot{m}_{11}(h_{14} \\ & - h_{11}) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \dot{E}x_{D,ev2,cond1} &= \dot{E}x_9 + \dot{E}x_{14} - \dot{E}x_{10} \\ & - \dot{E}x_{11} \end{aligned} \quad (6)$$

تحلیل کلی سیکل آبشاری تبرید تراکمی - تبرید جذبی

سه مورد ضریب عملکرد برای سیستم تعریف می کنیم و با توجه به این ضرایب سیستم ها را مقایسه می کنیم:

$$\begin{aligned} COP_{vap,comp} &= \frac{\dot{Q}_{ev1}}{\dot{W}_{comp}} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} COP_{abs} &= \frac{\dot{Q}_{ev2}}{\dot{Q}_{gen}} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} COP_{cyclegen} &= \frac{\dot{Q}_{ev1}}{\dot{Q}_{gen} + \dot{W}_{comp}} \end{aligned} \quad (9)$$

### بحث بر روی نتایج

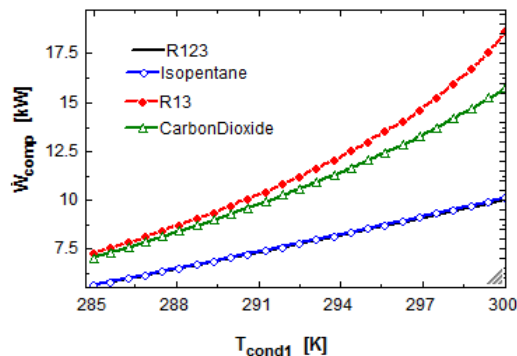
مدل سازی و شبیه سازی سیکل آبشاری مورد بررسی در این تحقیق توسط نرم افزار EES صورت گرفته است. ابتدا در این بخش نتایج اولیه سیکل های مورد بررسی با سیال عامل های مختلف ارائه شده و در حالت پایه نتایج این سیکل ها با هم مقایسه شده و مورد بحث قرار می گیرد. سپس مطالعه پارامتریکی انجام شده و اثرات پارامترهای عملکردی سیکل آبشاری بر روی پارامترهای انرژی و انرژی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مقادیر اولیه در نظر گرفته شده بعنوان حالت پایه یا base برای سیکل آبشاری در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: مقادیر اولیه در نظر گرفته شده بعنوان حالت پایه یا base برای

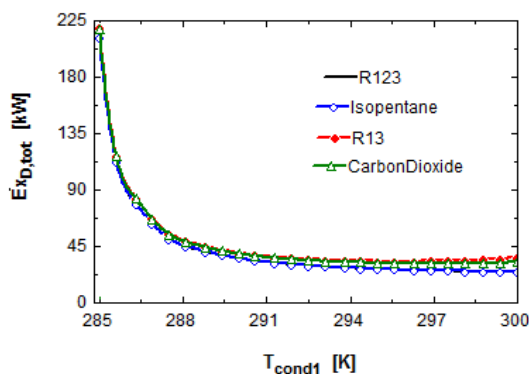
سیکل آبشاری

پارامتر	مقدار
دمای ژنراتور (K)	۳۹۰
دمای جاذب (K)	۳۱۳
دمای کندانسور ۲ (K)	۳۱۳
دمای کندانسور ۱ (K)	۲۹۱
دمای اواپراتور ۱ (K)	۲۶۳

تغییرات گرمای ژنراتور است یعنی در جاهاییکه شیب تغییرات گرمای ژنراتور زیاد است شیب تغییرات پارامتر  $COP_{cyclegen}$  هم افزایش یافته و بالعکس. همچنین با توجه به تغییرات تخریب انرژی کل سیکل آبخاری با افزایش دمای کندانسور سیکل تراکمی مشاهده می شود که روند تغییرات این پارامتر هم دقیقاً شبیه به گرمای ژنراتور بوده و در دماهای پایین تر کندانسور سیکل تراکمی شیب کاهش نرخ تخریب انرژی بسیار بالا بوده ولی در دماهای بالاتر آن، شیب کاهش به مقدار بسیار کمی رسیده و در دماهای بسیار بالا تغییرات نرخ تخریب انرژی کل سیکل آبخاری تقریباً ثابت می شود. نکته قابل توجه در تغییرات دمای کندانسور سیکل تراکمی آن است که با توجه به شکل های بالا، تغییرات دمای آن تاثیر بسیار قابل ملاحظه ای در میان سیکل های آبخاری مورد بررسی نمی گذارد و مشاهده می شود که مقادیر نرخ تخریب انرژی و گرمای ژنراتور برای همه سیکل های مورد بررسی بسیار به هم نزدیک بوده و نمودارهای سیکل های آبخاری مختلف مورد بررسی تقریباً بر هم منطبقند.

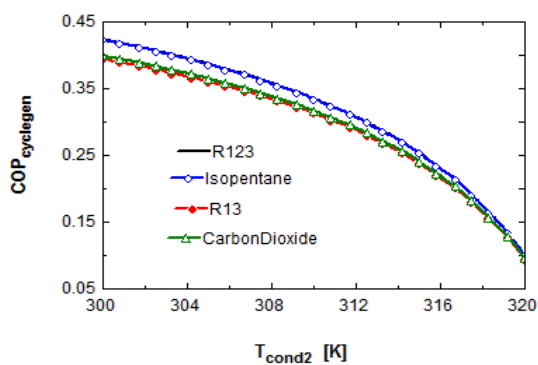


شکل ۵: تاثیر دمای کندانسور تراکمی بر کار مصرفی کمپرسور

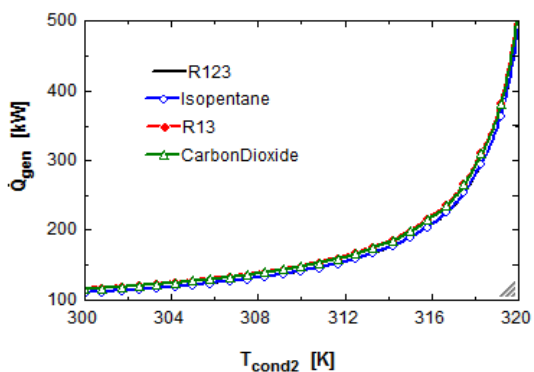


شکل ۶: تاثیر دمای کندانسور سیکل تراکمی بر انرژی کل سیکل آبخاری

### تاثیر دمای کندانسور ۲ (کندانسور سیکل تبرید جذبی) بر عملکرد سیکل های آبخاری



شکل ۷: تاثیر دمای کندانسور جذبی بر ظرفیت سیکل آبخاری



شکل ۸: تاثیر دمای کندانسور جذبی بر گرمای جذب شده ژنراتور

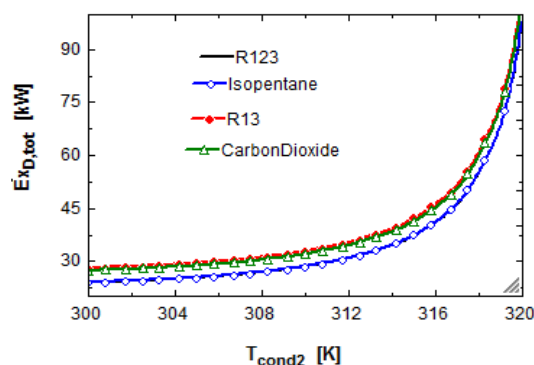
همانطوریکه ملاحظه می شود با افزایش دمای کندانسور سیکل تبرید تراکمی فشار بالادست سیکل تبرید تراکمی هم افزایش یافته در نتیجه مشاهده می شود که مقدار توان مصرفی کمپرسور هم روندی افزایشی را خواهد داشت. شایان ذکر است با توجه به شکل بالا، شیب افزایش توان مصرفی سیکل آبخاری با سیالات عامل R123، ایزوپنتان و R134a با افزایش دمای کندانسور ۱ شیب ثابتی است ولی شیب افزایش سیکل های آبخاری با سیالات عامل دی اکسید کربن و R13 تقریباً بصورت نمایی بوده و در دماهای بالای کندانسور ۱ شیب افزایش بیشتر می شود. با توجه به اینکه مقدار گرمای جذب شده در اواپراتور سیکل تبرید تراکمی مقدار ثابت ۵۰ کیلووات است بنابراین با افزایش مقدار توان مصرفی کمپرسور مقدار ضریب عملکرد سیکل تراکمی همانطوریکه در شکل مشخص است کاهش خواهد یافت. اما از طرفی دیگر با افزایش مقدار دمای عملکردی کندانسور سیکل تبرید تراکمی، چون گرمای دفع شده از این کندانسور بعنوان محرک گرمایی اواپراتور سیکل جذبی عمل می کند در نتیجه مقدار گرمای جذب شده در اواپراتور سیکل جذبی هم تغییر یافته و در نتیجه دبی جرمی سیال گذرنده از آن تغییر خواهد کرد. بنابراین برآیند این تغییرات بدین صورت خواهد شد که با افزایش دمای کندانسور سیکل تراکمی، مقدار گرمای جذب شده در ژنراتور ابتدا با شیب بسیار تند کاهش یافته ولی در دماهای بالاتر کندانسور مقدار گرمای جذب شده در کندانسور هم با شیب کندتری کاهش می یابد. بنابراین نکته مهم آن است که اثر تغییرات کاهشی گرمای جذب شده در ژنراتور بر اثر تغییرات افزایشی توان مصرفی کمپرسور غلبه کرده و در نتیجه مشاهده می شود که مقدار ضریب عملکرد  $COP_{cyclegen}$  هم افزایش یافته و روند تغییرات آن همانند روند

با سیالات عامل R123، ایزوپنتان و R134a با افزایش دمای کندانسور ۱ شیب ثابتی است ولی شیب افزایش سیکل‌های آبشاری با سیالات عامل دی اکسید کربن و R13 تقریباً بصورت نمایی است. همچنین افزایش دمای کندانسور سیکل تراکمی، مقدار گرمای جذب شده در ژنراتور ابتدا با شیب بسیار تند کاهش یافته ولی در دماهای بالاتر کندانسور مقدار گرمای جذب شده در کندانسور هم با شیب کندتری کاهش می‌یابد. بنابراین نکته مهم آن است که اثر تغییرات کاهشی گرمای جذب شده در ژنراتور بر اثر تغییرات افزایشی توان مصرفی کمپرسور غلبه کرده و در نتیجه مشاهده می‌شود که مقدار ضریب عملکرد  $COP_{cyclegen}$  هم افزایش یافته و روند تغییرات آن همانند روند تغییرات گرمای ژنراتور است.

همچنین با افزایش دمای کندانسور سیکل تراکمی، روند تغییرات نرخ تخریب اگزرژی کل سیکل آبشاری هم دقیقاً شبیه به گرمای ژنراتور است. نکته قابل توجه در تغییرات دمای کندانسور سیکل تراکمی آن است که مقادیر نرخ تخریب اگزرژی و گرمای ژنراتور برای همه سیکل‌های مورد بررسی بسیار به هم نزدیک بوده و نمودارهای سیکل‌های آبشاری مختلف مورد بررسی تقریب بر هم منطبقند.

با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، مقادیر توان مصرفی کمپرسور، گرمای دفع شده از کندانسور سیکل تبرید تراکمی و ضریب عملکرد  $COP_{vap,comp}$  ثابت باقی می‌مانند. اما با افزایش دمای کندانسور سیکل تبرید جذبی، مقدار گرمای جذب شده در ژنراتور بصورت نمایی افزایش خواهد یافت در این قسمت هم مشاهده می‌شود که با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، مقدار گرمای ژنراتور برای سیکل‌های آبشاری مختلف مورد بررسی بسیار به هم نزدیک بوده و نمودار سیکل‌های آبشاری مختلف برهم منطبق می‌باشند. بنابراین مقادیر ضرایب عملکرد  $COP_{abs}$  و  $COP_{cyclegen}$  هم با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، روندی نزولی را خواهند داشت که ابتدا شیب کاهش کند بوده ولی رفته رفته با افزایش بیشتر دمای کندانسور سیکل جذبی، شیب کاهش هم افزایش خواهد یافت. همچنین مشاهده شد که تغییرات نرخ تخریب اگزرژی کل سیکل‌های آبشاری مورد بررسی هم با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی روندی صعودی نمایی را خواهد داشت. در همه گستره دمایی کندانسور سیکل جذبی، مقدار نرخ تخریب اگزرژی سیکل آبشاری با سیال عامل R13 در بین سیکل‌های آبشاری مورد بررسی بیشترین مقدار و نرخ تخریب اگزرژی به ترتیب برای سیکل‌های آبشاری با سیالات عامل R123، ایزوپنتان و R134a بسیار نزدیک به هم و کمترین مقدار است.

در نتیجه از سیالات ایزوپنتان و دی اکسید کربن به دلایل ترمودینامیکی و محیطی بهتر می‌باشد و حدود ۳۰ درصد از سیکل تبرید تراکمی بالاتر می‌باشد.



شکل ۹: تاثیر دمای کندانسور جذبی بر اگزرژی کل سیکل آبشاری

با توجه به شکل‌های بالا مشاهده می‌شود که با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، با توجه به ثابت بودن فشارهای ورودی و خروجی کمپرسور و همچنین با توجه به ثابت بودن مقدار گرمای جذب شده در اواپراتور سیکل تبرید تراکمی و در نتیجه دبی جرمی ثابت گذرنده از کمپرسور، مقدار توان مصرفی کمپرسور ثابت باقی می‌ماند. همچنین مقدار گرمای دفع شده از کندانسور سیکل تبرید تراکمی و در نتیجه مقدار گرمای جذب شده در اواپراتور سیکل تبرید جذبی هم روندی ثابت را خواهد داشت. در نتیجه با توجه به تعریف ضریب عملکرد  $COP_{vap,comp}$  مقدار این ضریب برای سیکل‌های آبشاری مورد بررسی با افزایش دمای جاذب ثابت باقی خواهند ماند. اما همانطوریکه ملاحظه می‌شود با افزایش دمای کندانسور سیکل تبرید جذبی، مقدار گرمای جذب شده در ژنراتور بصورت نمایی افزایش خواهد یافت بدین صورت که هرچه مقدار دمای کندانسور سیکل جذبی افزایش می‌یابد شیب افزایش گرمای ژنراتور هم افزایش پیدا خواهد کرد. در این قسمت هم مشاهده می‌شود که با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، مقدار گرمای ژنراتور برای سیکل‌های آبشاری مختلف مورد بررسی بسیار به هم نزدیک بوده و نمودار سیکل‌های کسکید مختلف برهم منطبقند. بنابراین با توجه به تعریف ضرایب عملکرد  $COP_{abs}$  و  $COP_{cyclegen}$  و با توجه به موارد گفته شده در مورد تغییرات پارامترهای مختلف، مشاهده می‌شود که با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی، مقدار این دو ضریب عملکرد روندی نزولی را خواهند داشت که ابتدا شیب کاهش کند بوده ولی رفته رفته با افزایش بیشتر دمای کندانسور سیکل جذبی، شیب کاهش هم افزایش خواهد یافت. همچنین مشاهده می‌شود که تغییرات نرخ تخریب اگزرژی کل سیکل‌های کسکید مورد بررسی هم با افزایش دمای کندانسور سیکل جذبی روندی صعودی نمایی را خواهد داشت و این افزایش بدلیل افزایش نرخ تخریب اگزرژی اجزایی از سیکل است که دارای مقدار غالب در نرخ تخریب اگزرژی سیکل‌های آبشاری مورد بررسی را دارد. همچنین مشاهده می‌شود که در همه گستره دمایی کندانسور سیکل جذبی، مقدار نرخ تخریب اگزرژی سیکل آبشاری با سیال عامل R13 در بین سیکل‌های آبشاری مورد بررسی بیشترین مقدار و نرخ تخریب اگزرژی به ترتیب برای سیکل‌های آبشاری با سیالات عامل R123، ایزوپنتان و R134a بسیار نزدیک به هم و کمترین مقدار است.

#### نتیجه‌گیری

با افزایش دمای کندانسور سیکل تبرید تراکمی مقدار توان مصرفی کمپرسور هم روندی افزایشی را خواهد داشت. شیب افزایش توان مصرفی سیکل آبشاری

m دبی جرمی ( kg/s )

### مراجع

- [1] Arora A, Kaushik SC. Theoretical analysis of vapor compression refrigeration system with R502, R404A and R507A. International Journal of Refrigeration 2008;31:998–1005.
- [2] Marcriss RA, Gutraj JM, Zawacki TS. Absorption fluid data survey: final report on worldwide data, ORLN/sub/8447989/3, Inst. Gas Tech., 1988.
- [3] Cimsit C, Ozturk IT. Analysis of compression-absorption cascade refrigeration cycles. Applied Thermal Engineering 2012; 40 :311–317.

### فهرست علائم

$Q$	حرارت دریافت شده (KW)
$c_p$	گرمای ویژه در فشار ثابت (kJ/kg K)
$T$	دما (K)
$W$	کار مصرفی (KW)
$\rho$	چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )
$E$	انرژی (KW)

# SID



سرویس های  
ویژه



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در  
خبرنامه



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از  
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی