



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکزی
دانشکده فنی و مهندسی، گروه مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: تبدیل انرژی

عنوان:

تحلیل انرژی یک سیکل تبرید جذبی - تراکمی جدید

استاد راهنما:

دکتر سید محمد سید محمودی

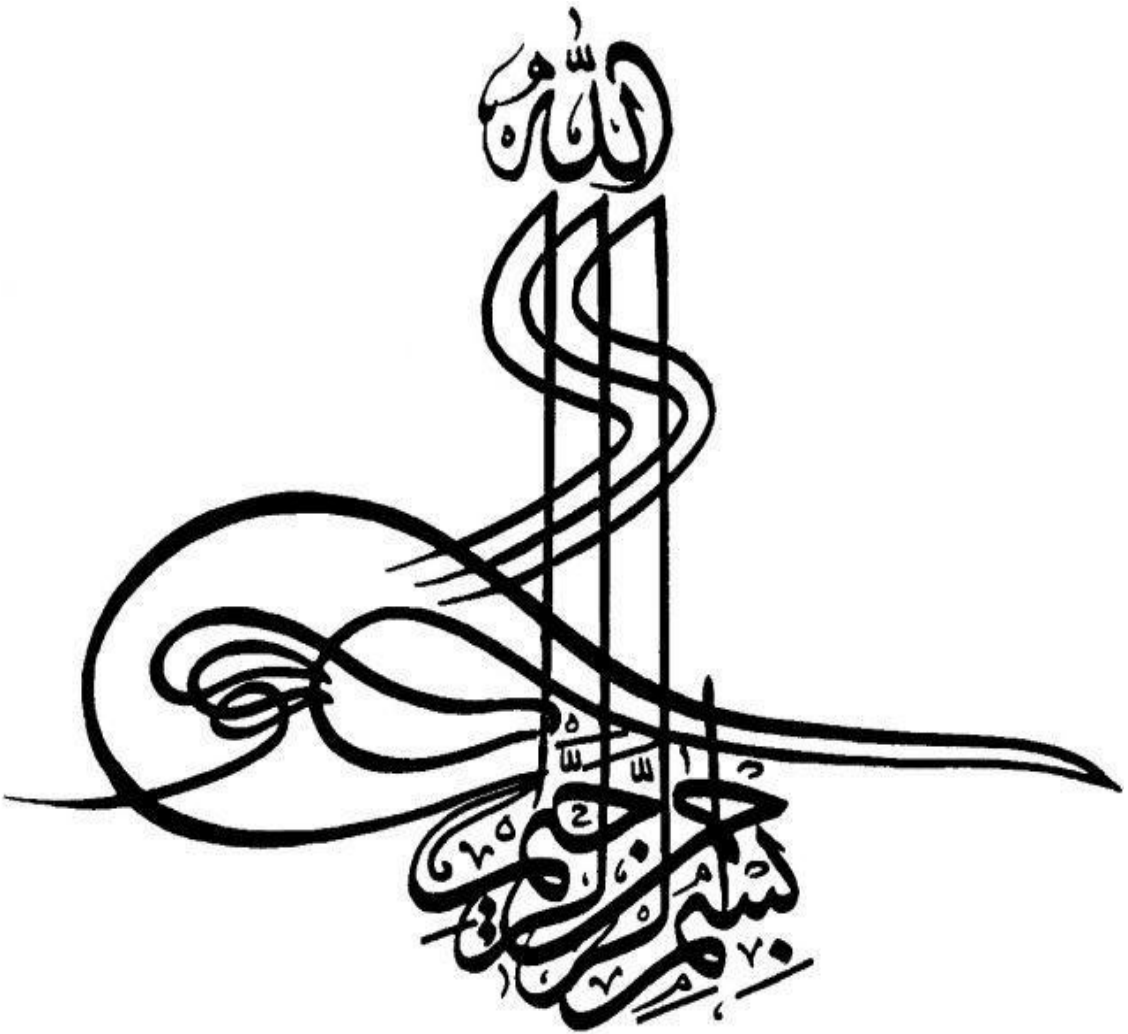
استاد مشاور:

دکتر آرمن آدامیان

پژوهشگر:

سما اغنیاپی

زمستان ۱۳۹۲



تقدیم به :

پدر

مادر

مهربانم.

آنان که وجودشان گرما بخش زندگی ام است .

به نام خدا

حمد و سپاس پروردگار مهربان را که توفیق موفقیت در این مرحله از زندگی را به بندهارزانی داشت. بر خود وظیفه می‌دانم از تمامی اساتید ارجمندم که در طول دوره‌ی تحصیل، از کلاس‌های درسشان بهره‌مند گردیده و پله‌های ترقی را با کمک ایشان پیموده‌ام تشکر و قدردانینمایم. از اساتید راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر سید محمودی و استاد مشاورگرامیم، جناب آقای دکتر آدامیان که راهنمایی‌ها و حمایت‌های ارزشمند این عزیزان در طول مراحل انجام پایان‌نامه، روشنگر راه و موجب دلگرمی اینجانب بود، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

برای همه این عزیزان سلامتی، شادکامی و سربلندی را از درگاه خداوند متعال آرزومندم.

عهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

- اینجانب سما اغنیایی دانش اموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۹۰۰۷۶۸۳۴۱ در رشته مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی که در تاریخ ۹۲/۱۱/۲۱ از پایان نامه خود تحت عنوان: تحلیل انرژی یک سیکل تبرید جذبی جدید همراه با منبسط کننده‌ها کسب نمره ۱۹/۵ و درجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم
- ۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود ، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام .
 - ۲- این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .
 - ۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .
 - ۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام و نام خانوادگی :

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ: ۱۳۹۲/۱۱/۲۱

دانشجوی کارشناسی ارشد خانم سما اغنیایی از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره ۱۹/۵ بحروف نوزده و نیم و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

چکیده:

اینپایان‌نامه به تحلیل انرژی سیکل تبرید جذبی جدیدی می‌پردازد که در آن ژنراتور در دمای پایین تری نسبت به سیستم‌های تبرید رایج کار می‌کند (۳۶۰ درجه کلوین) لذا سوخت این سیستم می‌تواند از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی و زمین‌گرمایی و یا حرارت اتلافی نیروگاه‌ها تامین شود. در این سیکل از سیال عامل آب-آمونیاک استفاده می‌شود. وجود یک کمپرسور و اکسپندر در آرایش سیکل باعث می‌شود که دمای تبرید تا ۲۳۳ درجه کلوین کاهش یابد و تامین کار مصرفی کمپرسو توسط اکسپندر از افت شدید بازده سیستم جلوگیری می‌کند. هدف از اینپایان‌نامه بررسی تغییرات نرخ تخریب انرژی و بازده قانون دوّم در برابر تغییرات دما و فشار اجزای مختلف سیکل، شناسایی اجزای کم بازده، ارزیابی سیستم از نظر تولید انرژی مفید و در نتیجه میزان کارایی سیستم از دیدگاه قانون دوّم می‌باشد. حل معادلات و روابط مشخصات ترمودینامیکی این پایان‌نامه توسط نرم افزار EES انجام یافته است. طبق مدل‌سازی انجام شده ضریب عملکرد سیستم برابر با ۱۱/۰۹٪، بازده قانون دوّم برابر ۱۱/۵۶٪ و انرژی کل سوخت ۲۷/۴۲ کیلووات نرخ تخریب انرژی کل برابر ۱۴/۸۲ کیلووات می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اوّل: مقدمه و بیان مسئله.....	۱
مقدمه.....	۲
۱-۱ بیان مسئله.....	۵
فصل دوّم: پیشینه پژوهش.....	۷
مقدمه.....	۸
۱-۲ پیشینه پژوهش چرخه‌های تبرید جذبی آب-آمونیاک.....	۸
۲-۲ معرفی برخی چرخه‌های دما پایینا تولید همزمان کار و برودت.....	۱۹
فصل سوم: مبانی و مفاهیم.....	۲۳
مقدمه:.....	۲۴
۱-۳ خواص مخلوط آب-آمونیاک:.....	۲۴
۲-۳ خواص آمونیاک.....	۲۵
۳-۳ ترکیب ماده مبرد و جاذب:.....	۲۶
۴-۳ خواص کاربردی آب-آمونیاک.....	۲۷
۵-۳ خواص ترمودینامیکی مخلوط آب-آمونیاک.....	۲۸
۶-۳ فشار بخار محلول آب-آمونیاک.....	۲۸
۷-۳ ترکیب بخار آب-آمونیاک.....	۲۹

۳۰	۸-۳ دمای نقطه شبنم و نقطه حباب برای مخلوط آب- آمونیاک
۳۴	۹-۳ آنتالپی مخلوط آب و آمونیاک
۳۴	۱-۹-۳ فاز مایع
۳۴	۲-۹-۳ فاز بخار
۳۵	۱۰-۳ اصول سیکل های توانی آب - آمونیاک
۳۸	۱۱-۳ توصیف سیکل های تبرید جذبی آب- آمونیاک
۴۱	۱۲-۳ سیکل ترکیبی تولید توان و برودت جیانگ فنگ
۴۵	فصل چهارم: تحلیل های ترمودینامیکی
۴۶	مقدمه
۴۶	۱-۴ تحقیقات عمده امروزی در زمینه ترمودینامیک
۴۸	۲-۴ تحلیل ترمواکونومیکی
۴۸	۳-۴ طراحی ترمودینامیکی
۴۹	۴-۴ مدلسازی ترمودینامیکی
۵۰	۵-۴ تحلیل انرژی سیکل ها
۵۱	۱-۵-۴ قانون اول ترمودینامیک (قانون بقای انرژی)
۵۲	۲-۵-۴ قانون دوم ترمودینامیک
۵۲	۶-۴ برگشت ناپذیری
۵۳	۷-۴ آنتروپی
۵۳	۱-۷-۴ تولید آنتروپی
۵۴	۸-۴ تعریف آگرژی
۵۴	۱-۸-۴ آگرژی جریانی
۵۵	۲-۸-۴ آگرژی غیر جریانی

۵۶	.....اگزردژى همراه با انتقال كار
۵۶	.....اگزردژى همراه با انتقال حرارت
۵۷	.....اگزردژى همراه با انتقال جرم
۵۷	.....۹- مفهوم اگزردژى
۶۰	.....۱۰- مولفه هاى اگزردژى
۶۱	.....۱۱- قضيه گوى-اسنودلا
۶۲	.....۱۲- تحليل اگزردژى سيكل ها
۶۵	.....فصل پنجم: مدل سازى و تحليل سيكل تبريد جذبى جديد همراه با منبسط كننده
۶۷	.....مقدمه
۶۷	.....۱-۵- توصيف كلى سيكل تبريد جذبى جديد همراه با منبسط كننده
۷۰	.....۲-۵- مدل سازى ترموديناميكى سيكل
۷۰	.....۳-۵- فرضيات و داده هاى مسئله
۷۲	.....۴-۵- مدل سازى
۷۹	.....فصل ششم: نتايج و بحث
۸۰	.....مقدمه
۸۱	.....۱-۶- اعتبارسنجى و ارزىابى صحت نتايج
۸۸	.....۲-۶- نتايج حاصل از تحليل اگزردژى (قانون دوّم) سيكل تبريد جذبى-كمپرسورى جديد
۹۴	.....۳-۶- نمودار ها
۹۴	.....۱-۳-۶- بررسى تغييرات دماى ژنراتور
۹۸	.....۲-۳-۶- بررسى تغييرات دماى اواپراتور
۱۰۱	.....۳-۳-۶- بررسى تغييرات دماى ابزوربر

- ۴-۳-۶ بررسی تغییرات دمای کندانسور..... ۱۰۴
- ۴-۶ تاثیر تغییرات فشار متوسط، بالا و پایین سیکل..... ۱۰۶
- ۵-۶ تاثیر دمای سطح اجزای سیکل..... ۱۱۱
- ۶-۶ نتایج..... ۱۱۳
- ۷-۶ پیشنهادات برای کارهای آینده..... ۱۱۴
- فهرست منابع..... ۱۱۵
- چکیده انگلیسی..... ۱۱۹

فهرست جدول ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۰.....	جدول ۲-۱۱ ارائه برخی چرخه های اخیر تولید همزمان کار و برودت یا تبرید دما پایین.....
۷۱.....	جدول ۵-۱ فرضیات مسئله.....
۷۳.....	جدول ۵-۲ معادلات بالانس جرم و انرژی سیکل تبرید جذبی جدید.....
۷۷.....	جدول ۵-۳ اگزرژی سوخت، محصول و نرخ تخریب اگزرژی سیکل تبرید جذبی-تراکمی جدید.....
۸۱.....	جدول ۶-۱ ویژگی های ترمودینامیکی سیکل تبرید جذبی-تراکمی به دست آمده از نرم افزار EES.....
۸۳.....	جدول ۶-۲ نتایج حاصل از تحلیل سیکل تبرید جذبی توسط هنگ و همکاران.....
۸۴.....	جدول ۶-۳ مقایسه مقادیر گرما و کار انتقال یافته در سیکل تبرید جذبی-تراکمی جدید.....
۸۶.....	جدول ۶-۴ جدول تغییر واحدها و معادل سازی جرم.....
۸۸.....	جدول ۶-۵ اگزرژی فیزیکی، شیمیایی و اگزرژی کل نقاط مختلف سیکل.....
	جدول ۶-۶ اگزرژی از دست رفته (Exergy Loss)، نرخ تخریب اگزرژی (Exergy Destruction) برای اجزای مختلف سیکل.....
۹۰.....	جدول ۶-۷ مقادیر به دست آمده از تحلیل اگزرژتیکی اجزای سیکل تبرید جذبی جدید.....
۹۲.....	جدول ۶-۸ مشخصات سیال خنک کننده و گرم کننده اجزای سیکل.....
۹۳.....	جدول ۶-۹ پارامترهای کلیدی میزان کارایی سیکل تبرید جذبی-تراکمی جدید.....
۱۱۳.....	جدول ۶-۱۰ نتایج حاصل از بررسی جداول و نمودارها.....

فهرست شکل‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸.....	شکل ۱-۲ سیکل پیشنهادی توسط مالونی و رابرتون.....
۹.....	شکل ۲-۲ سیکل پیشنهاد شده کالینا.....
۱۱.....	شکل ۳-۲ سیستم سیکل شماره ۱۱ کالینا.....
۱۲.....	شکل ۴-۲ سیکل ارائه شده توسط گسوامی.....
۱۴.....	شکل ۵-۲ سیکل ترکیبی تولید همزمان توان و تبرید ژانک.....
۱۵.....	شکل ۶-۲ سیکل تولید همزمان توان و تبرید ژانگ و لوو.....
۱۶.....	شکل ۷-۲ سیکل ترکیبی تولید همزمان توان و تبرید ژانگ و لیور.....
۱۷.....	شکل ۸-۲ سیکل تولید همزمان توان و تبرید جیانگ فنگ و پینگ دائی.....
۳۰.....	شکل ۱-۳ منحنی فاز بخار آمونیاک.....
۳۱.....	شکل ۲-۳ تعادل دما-غلظت مخلوط آب-آمونیاک.....
۳۲.....	شکل ۳-۳ تعادل دما-غلظت مخلوط آب-آمونیاک به ازای دو فشار مختلف.....
۳۷.....	شکل ۴-۳ نمودار دمایی سیکل آب-آمونیاک و سیکل بخاری با منبع حرارتی.....
۳۸.....	شکل ۵-۳ شماتیک ساده ترین سیکل آب-آمونیاک.....
۳۹.....	شکل ۶-۳ سیکل تبرید جذبی گسوامی با سرد کن رکتیفایر داخلی.....
۴۰.....	شکل ۷-۳ آرایش دوم از سیکل گسوامی با خنک کننده رکتیفایر خارجی.....
۴۰.....	شکل ۸-۳ آرایش سوم از سیکل گسوامی با خنک کننده رکتیفایر خارجی.....
۴۱.....	شکل ۹-۳ شماتیک سیکل ترکیبی تولید همزمان توان و برودت ارائه شده توسط جیلنگ فنگ.....
۴۴.....	شکل ۱۰-۳ دیاگرام تعادل فازی آب-آمونیاک.....

- شکل ۴-۱ طرح ساده یک نیروگاه بخار (a) تحلیل بر اساس انرژی (b) تحلیل بر اساس انرژی گذرشی..... ۵۷
- شکل ۵-۱ افلوچارتنحوه تحلیل ترمودینامیکی سیکل تبرید جذبی جدید..... ۶۶
- شکل ۵-۲ سیکل تبرید جذبی جدید همراه با منبسط کننده..... ۶۹
- شکل ۶-۱ نمودار فشار-دما به دست آمده از نرم افزار EES..... ۸۵
- شکل ۶-۲ نمودار فشار-دمای ارائه شده توسط هنگ و همکاران..... ۸۵
- شکل ۶-۳ تغییرات COP بر حسب تغییرات دمای ژنراتور و راندمان پمپ..... ۹۴
- شکل ۶-۴ نمودار تغییرات COP بر حسب دمای ژنراتور و اواپراتور..... ۹۴
- شکل ۶-۵ تغییرات بازده قانون دوّم بر حسب تغییرات دمای ژنراتور و راندمان پمپ..... ۹۵
- شکل ۶-۶ نمودار تغییرات بازده قانون دوّم بر حسب تغییرات دمای ژنراتور و اواپراتور..... ۹۵
- شکل ۶-۷ نمودار تغییرات بازده قانون دوّم بر حسب تغییرات دمای ژنراتور و ابزوربر..... ۹۶
- شکل ۶-۸ نمودار تغییرات نرخ تخریب انرژی گذرشی بر حسب تغییرات دمای ژنراتور و راندمان پمپ..... ۹۶
- شکل ۶-۹ نمودار تغییرات گرما و کار موثر در راندمان سیکل بر حسب دمای ژنراتور..... ۹۷
- شکل ۶-۱۰ نمودار تغییرات ضریب عملکرد و بازده قانون دوّم بر حسب تغییرات دمای اواپراتور..... ۹۸
- شکل ۶-۱۱ نمودار تغییرات ضریب عملکرد بر حسب دمای اواپراتور و راندمان پمپ..... ۹۸
- شکل ۶-۱۲ تغییرات بازده قانون دوّم بر حسب دمای اواپراتور و راندمان پمپ..... ۹۹
- شکل ۶-۱۳ تغییرات نرخ تخریب انرژی گذرشی بر حسب دمای اواپراتور..... ۹۹
- شکل ۶-۱۴ نمودار تغییرات گرمای مبادله شده در اواپراتور بر حسب دمای اواپراتور..... ۱۰۰
- شکل ۶-۱۵ نمودار تغییرات COP و بازده قانون دوّم در برابر دمای ابزوربر..... ۱۰۱
- شکل ۶-۱۶ تغییرات بازده قانون دوّم با تغییرات دمای ابزوربر..... ۱۰۱
- شکل ۶-۱۷ تغییرات ضریب عملکرد بر حسب تغییرات دمای ابزوربر..... ۱۰۲
- شکل ۶-۱۸ تغییرات نرخ تخریب انرژی گذرشی کل بر حسب تغییرات دمای ابزوربر..... ۱۰۲
- شکل ۶-۱۹ نرخ تغییرات کار و گرمای پمپ، ژنراتور، ابزوربر و بر حسب دمای ابزوربر..... ۱۰۳

- شکل ۶-۲۰ تغییرات COP و بازده انرژی اگزرتیکی برحسب دمای کندانسور ۱۰۴
- شکل ۶-۲۱ تغییرات نرخ تخریب انرژی کل برحسب تغییرات دمای ابزوربر ۱۰۴
- شکل ۶-۲۲ تغییرات کار و گرمای ژنراتور و اواپراتور و پمپ و فشار بیشینه سیکل برحسب دمای کندانسور ۱۰۵
- شکل ۶-۲۳ نمودار تغییرات COP و بازده قانون دوم برحسب فشار متوسط سیکل ۱۰۶
- شکل ۶-۲۴ تغییرات گرمای ژنراتور و اواپراتور برحسب فشار متوسط ۱۰۶
- شکل ۶-۲۵ تغییرات کار کمپرسور برحسب فشار متوسط ۱۰۷
- شکل ۶-۲۶ نمودار تغییرات COP و بازده انرژی اگزرتیکی برحسب فشار ابزوربر ۱۰۸
- شکل ۶-۲۷ تغییرات کار پمپ برحسب فشار ابزوربر ۱۰۸
- شکل ۶-۲۸ تغییرات ضریب عملکرد و بازده قانون دوم برحسب فشار بالای سیکل ۱۰۹
- شکل ۶-۲۹ تغییرات گرمای ژنراتور برحسب فشار بالای سیکل ۱۰۹
- شکل ۶-۳۰ نمودار تغییرات ضریب عملکرد و بازده قانون دوم براساس فشار کمینه سیکل ۱۱۰
- شکل ۶-۳۱ تاثیر دمای سطح ژنراتور بر نرخ تخریب انرژی کل ۱۱۱
- شکل ۶-۳۲ تغییرات بازده انرژی اگزرتیکی ژنراتور در برابر تغییرات دمای سطح ژنراتور ۱۱۱
- شکل ۶-۳۳ تاثیر دمای سطح ابزوربر بر نرخ تخریب انرژی کل و بازده انرژی اگزرتیکی ابزوربر ۱۱۲
- شکل ۶-۳۴ تاثیر دمای سطح اواپراتور بر نرخ تخریب انرژی کل و بازده انرژی اگزرتیکی اواپراتور ۱۱۲

فهرست علائم

علائم لاتین

COP	ضریب عملکرد
\bar{e}	اگرژی شیمیایی ویژه
\dot{E}	نرخ انتقال اگرژی
h	آنتالپی ویژه
M	جرم مولکولی
\dot{m}	نرخ انتقال جرم
P	فشار
Q	کیفیت بخار
\dot{Q}	نرخ انتقال گرما
s	آنتروپی ویژه
T	دما
u	انرژی درونی ویژه
v	حجم ویژه
\dot{W}	نرخ انتقال کار
X	نسبت جرمی آمونیاک
Y	نسبت نرخ تخریب اگرژی به اگرژی کل سوخت
Y^a	نسبت نرخ تخریب اگرژی به نرخ تخریب اگرژی کل
علائم یونانی	
δ	نرخ تولید آنتروپی
η_{π}	بازده قانون دوّم

زیروند ها

ط

Abs	ابزوربر یا جاذب
Ch	شیمیایی
D	تخریب
di	دیفیوژنی
e	خروجی
Evap	اوپراتور
F	سوخت
Gen	ژنراتور
gen	موتور
high	بالا
i	ورودی
int	متوسط
L / loss	اتلاف
low	پایین
O	شرایط محیط
P	محصول
Ph	فیزیکی
Rec	رکتیفایر
Rev	برگشت پذیر
S	سطح
SHX	مبدل حرارتی محلول
super-heater	فوق گرم کن
tot	کل
V-L-S	جداساز مایع و بخار
۱ و ۲ و ۳ و ...	نقاط سیکل

فصل اوّل

مقدمه و بیان مسئله

مقدمه

درسال‌های اخیرمسائلی نظیر آلودگی محیط زیست و تخریب لایه اوزون، گرمایش روزافزون کره زمین و همچنین منابع رو به اتمام سوخت های فسیلی و بحران انرژی بسیار مور توجه دانشمندان، محققان و دانشگاهیان قرار گرفته است. یکی از روش‌های مقابله با بحران مذکور که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است بازیابی گرمای هدر رفته از گازهای خروجی توربین و موتورهای حرارتی و همچنین کارخانه‌های صنعتی می‌باشد که در غیر این صورت ورود آنها به محیط زیست موجب تشدید بحران های مذکور می‌شود. علاوه بر آن، جایگزین کردن سوخت های فسیلی نظیر نفت و گاز با منابع انرژی دوستار محیط زیست مانند انرژی خورشیدی، انرژی بادی، زمین گرمایی و ... یک راه حل مهم دیگر درراستای حل مشکلات به وجود آمده می باشد. با این وجود دمای پایین این منابع موجب می شود این انرژی‌های تجدید پذیر جز منابع کم ارزش محسوب شده و جایگزینی آنها به سادگی میسر نمی‌باشد.

عوامل اصلی گرایش روز افزون کشورها به توسعه و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را می توان به صورت زیر بیان نمود:

- فناپذیری و اتمام پذیری سوخت‌های فسیلی
 - مشکلات آلودگی محیط زیست ناشی از مصرف منابع انرژی فسیلی و هسته‌ای
 - لزوم توجه به تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ارتقاء امنیت تامین انرژی
 - پاک و متداوم بودن منابع انرژی تجدیدپذیر
- منابع گرمایی دما پایین^۱ (زیر ۲۰۰°C) یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر به شمار می‌آیند که به دلیل داشتن دمای پایین نمی‌توانند در سیکل‌های بخاری^۲ مورد استفاده قرار گیرند. اصلی‌ترین منابع گرمایی دما پایین عبارتند از: انرژی زمین گرمایی^۳، انرژی خورشیدی، گازهای گرم خارج شده از توربین‌های گازی، انرژی حرارتی هدررفته از پیش‌خنک کن^۴ سیکل‌های نیروگاهی، بویلرهای خانگی و صنعتی.
- در طی ۲۰ سال اخیر، سیکل‌های ترمودینامیکی جدیدی به منظور استفاده از منابع زمین گرمایی و خورشیدی دما پایین و دما متوسط طراحی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. استفاده از مخلوط‌های دو جزئی به عنوان سیال کارکن^۵ که سبب افزایش بازده می‌شود اصلی‌ترین ویژگی این سیکل‌ها است.
- دمای جوش متغیر در طی فرآیند جوشش مزیت سیستم‌های با سیال دو جزئی است چرا که به دلیل دو جزئی بودن سیال عامل، اختلاف دمای دو جریان در مبدل‌های گرما کمتر بوده و بنابراین اتلاف انرژی^۱ کمتر خواهد بود.

^۱Low-grade heat sources

^۲Stream power cycle

^۳Geothermal energy

^۴Pre-cooler

^۵Working fluid