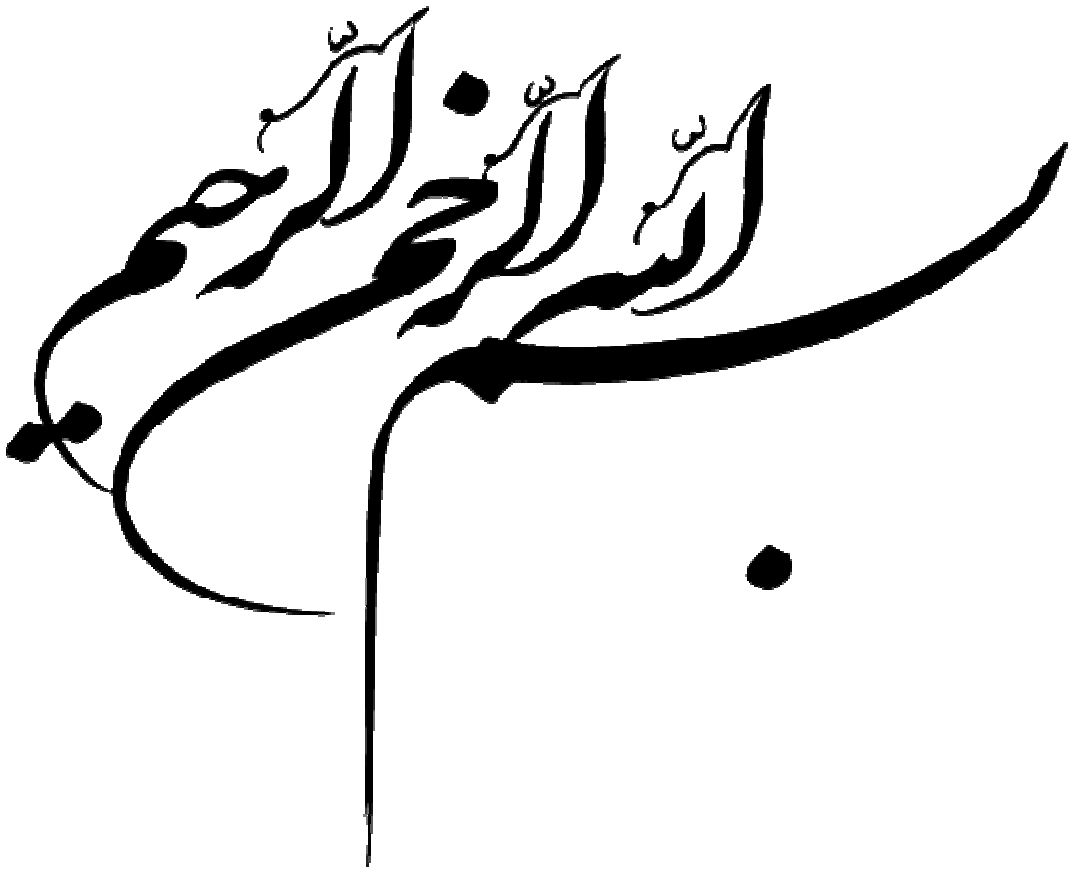
بسم الله الرحمن الرحيم

۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – تبدیل انرژی

بررسی و آنالیز سیستم‌های تولید بخار در ابعاد میکرو

نگارنده:

بازرگان حسن زاده

استاد راهنما:

دکتر علی کشاورز ولیان

بهمن ۱۳۹۰

تأییدیّه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: بازرگان حسن زاده

را با عنوان: بررسی و آنالیز سیستم‌های تولید بخار در ابعاد میکرو

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ – استاد راهنما	علی کشاورزولیان	دانشیار	
۲ – استاد ممتحن	محمد رضا شاه نظری	استادیار	
۳ – استاد ممتحن	مجید قاسمی	استاد	

تقدیم به

چشمان بی قرار مادرم

و

دستان بی دریغ پدرم

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر کشاورز ولیان کمال تشکر را داشته باشم. همچنین سپاس فراوان از دوست و برادر بزرگوارم جناب آقای مهندس مسعود ابراهیمی که در پیش برد پایان نامه از هیچ کمکی دریغ ننمودند. در انتها لازم می‌دانم از زحمات جناب آقای دکتر بهبهانی نیا و دکتر شاه نظری که در انجام هر چه بهتر پایان نامه، ما را یاری نمودند، قدردانی نمایم.

چکیده

در این پایان‌نامه، یک میکروبویلر یکبارگذر با لوله‌های حلقوی‌شکل مورد استفاده در سیکل‌های تولید همزمان حرارت و توان (CHP)[1] و سیکل‌های تولید همزمان سرما، حرارت و توان (CCHP)[2] ارزیابی و طراحی شده است.سیال عامل کارکرد مبرد R123 است. شبیه‌سازی میکروبویلر به دو قسمت تقسیم شده است. در قسمت اول، میکروبویلر با یک ردیف لوله مارپیچ به صورت تقارن محوری در نرم افزار فلوئنت[3] شبیه‌سازی شده است. در این شبیه‌سازی از مدل پیش مخلوط انتقال اجزاء جهت شبیه‌سازی احتراق، از مدل $k-\varepsilon$ جهت مدل سازی جریان توربولانس و از مدل عرض‌های گسسته[4] جهت مدل سازی انتقال حرارت تشعشع استفاده شده است. در بخش دوم با کمک گرفتن از روابط تحلیلی و تجربی، میکروبویلر با سه ردیف لوله مارپیچ مدل شده است. در ادامه مقدار انتقال حرارت تشعشع مبادله شده بین گازهای حاصل از احتراق و سطح حرارتی داخل کوره و دمای خروجی کوره حاصل از شبیه‌سازی عددی در فلوئنت و روابط تحلیلی - تجربی با یکدیگر مقایسه شده است. مشخص شد که نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی از دقت مناسبی برخوردار است. در ادامه با استفاده از نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی، روابطی برای محاسبه عدد ناسلت سمت گازها برای سطح داخلی و خارجی کوره به صورت تابعی از عدد رینولدز بدست آمد. در انتها با استفاده از نتایج عددی و روابط حاکم تحلیلی-تجربی و در نظر گرفتن محدوددیت‌های هندسی و ترمودینامیکی، میکروبویلر مدنظر طراحی و تاثیر قطر لوله، قطرکویل‌ها و ارتفاع کویل‌ها بر پارامترهای طراحی از قبیل سطوح حرارتی، بازده بویلر، افت فشار داخل لوله و کیفیت بحرانی در کویل‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داده که تاثیر افزایش قطر لوله بر افت فشار و مقدار کیفیت بحرانی محسوس است. اما کاهش قطر و ارتفاع کویل‌ها تاثیر ناچیزی بر پارامترهای مذکور دارد.

واژه‌های کلیدی: سیکل CCHP، میکروبویلر، انتقال حرارت، لوله کویل

[1] Combined Heating And Power
[2] Combined Cooling Heating And Power
[3] Fluent
[4] Discrete ordinates

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جداول .....ب

فهرست شکل‌ها .....ت

فهرست علایم و نشانه‌ها .....پ

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده ۳

۱-۲-۱- سیستم‌های CCHP وCHP ۳

۱-۲-۲- سیکل رانکین و سیستم‌های تولید بخار در ابعاد کوچک ۴

۱-۲-۳- ضریب انتقال حرارت جابجایی لوله‌های مارپیچ ۷

۱-۲-۴- افت فشار در داخل لوله برای لوله‌های مارپیچ ۸

۱-۲-۵- انحراف از جوشش هسته‌ای و کیفیت بحرانی در لوله‌های مارپیچ ۹

۱-۳- هدف از انجام پایان‌نامه ۱۲

۱-۴- ساختار پایان نامه ۱۵

فصل دوم: مبانی نظری شبیه سازی عددی میکروبویلر ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- شبیه سازی احتراق ۱۹

۲-۲-۱- معادلات مدل انتقال اجزاء ۲۰

۲-۲-۲- نفوذ جرم درجریان های متلاطم ۲۰

۲-۲-۳- فرمول بندی نرخ محدود کلی برای مدل سازی واکنش ۲۰

۲-۲-۴- مدل پراکندگی ادی ۲۱

۲-۳- مدل سازی تشعشع ۲۲

۲-۳-۱- مزایا و محدودیت‌های مدل تشعشع انتقال اجزاء ۲۲
۲-۳-۲- مزایا و محدودیت‌های مدل P-1 ..... ۲۳
۲-۳-۳- مزایا و محدودیت‌های مدل روسلند ۲۳
۲-۳-۴- مزایا و محدودیت‌های مدل عرضهای گسسته ۲۳
۲-۳-۵- مزایا و محدودیت‌های مدل سطح به سطح ۲۴
۲-۳-۶- انتخاب مدل تشعشع ۲۴
۲-۳-۷- معادله انتقال تشعشع ۲۵
۲-۳-۸- معادلات مدل عرض‌های گسسته ۲۶
۲-۳-۹- تاثیر ذرات ریز در مدل عرض‌های گسسته ۲۶
۲-۳-۱۰- دیوارهای دیفیوز مات ۲۷
۲-۳-۱۱- مدل وزنی مجموع گازهای خاکستری ۲۷
فصل سوم: مبانی نظری شبیه‌سازی تحلیلی میکروبویلر ۳۰
۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- بالانس حرارتی میکروبویلر ۳۴
۳-۲-۱- تعیین نوع سوخت ورودی ۳۴
۳-۲-۲- واکنش شیمیایی بین سوخت -هوا و تعیین دمای نقطه شبنم آب موجود در محصولات ... ۳۵
۳-۲-۳- تعیین بازده حرارتی بویلر و دبی سوخت ورودی ۳۶
۳-۳- مدل سازی تشعشع گازها با استفاده از روابط تحلیلی و نیمه تجربی در داخل کوره ۳۷
۳-۳-۱- انتشار شعله ۳۷
۳-۳-۲-انواع تشعشع شعله ها ۳۸
۳-۳-۳-طول پرتو متوسط تشعشعی ۳۹
۳-۳-۴- صدوریت شعله زغال سنگ ۴۰
۳-۳-۵-میزان صدور شعله‌های گازی و سوخت مایع ۴۱
۳-۳-۶-معادله انتقال حرارت تشعشع ۴۲

۳-۳-۷-محاسبه دمای گازهای خروجی از هر ناحیه ۴۲
۳-۴- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی داخلی در کویل‌ها برای جریان تک فاز ۴۳
۳-۵- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی داخلی در کویل‌ها برای جریان دوفاز ۴۴
۳-۶- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابجایی خارجی در کویل‌ها ۴۵
۳-۷- تعیین ضریب انتقال حرارت تشعشع در سمت خارجی کوره ۴۶
۳-۸- تعیین ضریب انتقال حرارت کلی ۴۷
۳-۹- تعیین سطوح حرارتی جابجایی ۴۸
۳-۱۰- محاسبه افت فشار در داخل کویل برای جریان تک فاز ۴۹
۳- ۱۱- محاسبه افت فشار در داخل کویل برای جریان دو فاز ۵۰
۳-۱۲- بررسی پدیده DOu و تعیین کیفیت بحرانی ۵۱
۳-۱۲-۱- مقایسه ضریب انتقال حرارت و DOu، بین کویل‌ها و لوله‌های مستقیم عمودی ۵۳
۳-۱۲-۲- تاثیر پارامترهای سیستم روی کیفیت DOu ۵۵
۳-۱۲-۳- تاثیر فشار کارکرد ۵۶
۳-۱۲-۴- تاثیر شار حرارتی ۵۷
۳-۱۲-۶- تاثیر قطر کویل ۵۸
۳-۱۲-۷- تاثیر شار جرمی ۵۹
۳-۱۲- ۸- تاثیر جهت جریان ورودی ۶۰
۳-۱۲-۹- تعیین رابطه‌ای برای محاسبه کیفیت بحرانی ۶۰
۳-۱۳- تعیین ضخامت و جنس لوله ۶۲
فصل چهارم: ارائه نتایج ۶۳
۴-۱- مقدمه ۶۴
۴-۲- شبیه‌سازی عددی ۶۵
۴-۲-۱-شرایط ورودی و پارامترهای هندسی میکروبویلر ۶۵
۴-۲-۲- استقلال از شبکه نتایج شبیه‌سازی ۶۶

۴-۲-۳-مقایسه نتایج عددی و تحلیلی ۶۹
۴-۲-۴- کانتورهای دما ثابت و سرعت ثابت ۷۲
۴-۲-۵- عدد ناسلت سمت گازهای حاصل از احتراق ۷۵
۴-۳- طراحی میکروبویلر به کمک روابط تحلیلی و تجربی ۷۸
۴-۳-۱- تعیین قطر لوله ۷۸
۴-۳-۲- تاثیر قطر و ارتفاع کویل‌ها بر روی پارامترهای طراحی ۸۳
۴-۴- پیشنهادات ۹۱
مراجع ۹۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- نتایج بهینه ورودی و خروجی میکروبویلر برای مود تابستان ۱۳

جدول۴-۱- پارامترهای هندسی، شرایط ورودی و خواص سیال ٦٥

جدول۴-۲- پارامترهای هندسی مبنا جهت طراحی میکروبویلر ۷۹

جدول۴-۳- پارامترهای ثابت هندسی میکروبویلر برای قطرهای مختلفی از کویلها ۸۳

جدول۴-۴ - تغییرات دمای گاز خروجی نواحی مختلف بویلر نسبت به قطر کویل اول ۸٤

جدول ۴-۵ - تغییرات سطح حرارتی، افت فشار و بازده بویلر نسبت به قطر کویل اول ۸٤

جدول ۴-۶- تغییرات کیفیت بحرانی و کیفیت خروجی از کویل اول و دوم نسبت به قطر کویل اول ۸٥

جدول۴-۷- پارامترهای ثابت هندسی میکروبویلر برای ارتفاع مختلف کویلها ۸٦

جدول۴-۸ - تغییرات دمای گاز خروجی نواحی مختلف بویلر نسبت به ارتفاع کویلها ۸۷

جدول۴-۹ - تغییرات سطح حرارتی، افت فشار و بازده بویلر نسبت به ارتفاع کویلها ۸۷

جدول۴ -۱۰- تغییرات کیفیت بحرانی و کیفیت خروجی از کویل اول و دوم نسبت به ارتفاع کویلها ۸۸

جدول ۴-۱۱- پارامترهای هندسی و ترمودینامیکی نهایی مبنا برای میکروبویلر ۹۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمونه بویلر با لوله های آب جداری مارپیچ ساخته شده توسط شرکت AB & CO.TT BOILER ٦

شکل۱-۲- شماتیک سیستم تولید بخار در ابعاد کوچک توسط شرکت صنایع کلیتن ٦

شکل ۱-۳- شماتیک دیاگرام سیکل CCHP..... ۱۳

شکل ۲-۱- هندسه میکروبویلر جهت شبیه سازی عددی ۱۹

شکل ۲-۲- انتقال حرارت تشعشع ۲۵

شکل-۳-۱- هندسه میکروبویلر با سه ردیف کویل ۳۳

شکل ۳-۲- جوشش سیال در لوله های مستقیم عمودی ۵۲

شکل ۳-۳- (الف) توزیع دما در داخل لوله برای یک شار جرمی، حرارتی و فشار معین (ب) تغییرات عدد ناسلت متوسط داخل لوله نسبت به مکان محیطی لوله برای لوله مستقیم و مارپیچ ۵۳

شکل ۳-۴- DOu در لولههای حلقوی ٥٤

شکل ۳-۵- الف-تغییرات ضخامت فیلم در جریان حلقوی در کویل ها در فشار نسبی بالا ب- پراکندگی محیطی DOu در مقابل کیفیت محلی ترمودینامیکی. ٥٦

شکل ۳-۶- تاثیر فشار سیستم بر کیفیت DOu برای فرئون -۱۲ (سمت راست) [۳۷]، آب(سمت چپ) ۵۷

شکل ۳-۷- تاثیر شار حرارتی بر کیفیت Dou ۵۸

شکل ۳- ۸- تغییرات کیفیت بحرانی نسبت به شار جرمی برای فشار ۱۷/۶ مگاپاسکال و شارهای حرارتی مختلف برای آب ۵۸

شکل ۳- ۹- الف- تاثیر شار جرمی بر کیفیت بخار در مواردی که فرایند جدا سازی حاکم است(سمت چپ) تاثیر شار جرمی بر کیفیت بخار در مواردی که فراین بازنشینی حاکم است(سمت راست) ۵۹

شکل ۳- ۱۰- توزیع دما در ناحیه DOu درکویل مولد بخار برای فشار ۱۷/۶ مگاپاسکال، شار جرمی ۵۰۰ و شار حرارتی ۴۰۰ کیلووات بر متر مربع ٦٠

شکل ۳-۱۱- مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر تجربی کیفیت بحرانی..... ٦٢

شکل ۴-۱- شماتیک هندسه شبکه بندی شده میکروبویلر در نرم افزار گمبیت..... ٦٦

شکل ۴-۲- تغییرات ماکزیمم گرادیان دمای گاز نسبت به افزایش المانها..... ٦٧

شکل ۴-۳- تغییرات انتقال حرارت تشعشع در کوره(سمت راست) و سمت خارجی کویل(سمت چپ) نسبت به افزایش المانها ٦٨
شکل ۴-۴- تغییرات انتقال حرارت کل در کوره(سمت راست) و سمت خارجی کویل(سمت چپ) نسبت به افزایش المانها . ٦٨
شکل ۴-۵- تغییرات دمای خروجی کوره(سمت راست) و میکروبویلر(سمت چپ) نسبت به افزایش المانها ٦٩
شکل ۴-۶- تغییرات انتقال حرارت تشعشع جذب شده توسط سطح حرارتی تشعشعی بر حسب دبی ورودی ۷۰
شکل ۴-۷- تغییرات دمای گازهای خروجی کوره بر حسب دبی ورودی ۷۰
شکل ۴- ۸- کانتورهای دما ثابت برای دبی جرمی های ورودی، (الف) ۰/۵ کیلوگرم بر ثانیه، (ب) ۰/۶ کیلوگرم بر ثانیه ، (ج) ۰/۷ کیلوگرم بر ثانیه، (د) ۰/۸ کیلوگرم بر ثانیه ۷۲
شکل ۴-۹- کانتورهای سرعت ثابت برای دبی جرمی های ورودی، (الف) ۰/۵ کیلوگرم بر ثانیه، (ب) ۰/۶ کیلوگرم بر ثانیه ، (ج) ۰/۷ کیلوگرم بر ثانیه، (د) ۰/۸ کیلوگرم بر ثانیه ۷۳
شکل ۴- ۱۰- تغییرات دما در راستای محور کوره..... ۷۵
شکل ۴-۱۱- تغییرات $NuPr - 0.33$ داخل کوره(سمت چپ) و سمت جابجایی(سمت راست) نسبت به عدد رینولدز ۷٦
شکل ۴-۱۲- تغییرات عدد ناسلت خارجی داخل کوره(سمت چپ) و سمت جابجایی(سمت راست) نسبت به عدد رینولدز . ۷٦
شکل ۴-۱۳- تغییرات افت فشار داخل لوله نسبت به قطر داخلی لوله ۷۹
شکل ۴-۱۴- تغییرات سطوح حرارتی نسبت به قطر داخلی لوله..... ۸۰
شکل ۴-۱۵- تغییرات دمای خروجی کوره و فضای بین سطح خارجی کویل..... ۸۰
شکل ۴-۱۶- تغییرات کیفیت بحرانی و کیفیت خروجی کویل اول نسبت به قطر داخلی لوله ۸۱
شکل ۴-۱۷- تغییرات کیفیت بحرانی و کیفیت خروجی کویل دوم نسبت به قطر داخلی لوله..... ۸۲

فهرست علایم و نشانه ها

عنوان	علامت اختصاری
سطح حرارتی	A
مساحت سطح مقطع	A_f
مساحت سطح خارجی لوله	A_o
مساحت سطح خیس شده	A_p
سطح حرارتی تشعشعی	A_r
ضریب جذب	a
ضریب صدور دوده	a_{fu}
ضریب صدور شعله های سوخت مایع	a_{lu}
معادل جذب به علت نفوذ ذرات ریز	a_p
ضریب صدور شعله های گازی	a_{tr}
ضریب جذب طیفی	a_λ
ضریب جذب جزء iام گاز	$a_{\varepsilon,i}$
ضریب صدور گاز	$b_{\varepsilon,ij}$
ظرفیت گرمایی ویژه	cp
کربن	C
مونواکسید کربن	CO
دی اکسید کربن	CO_2
درصد جرمی کربن موجود در سوخت	C_u
قطر ذرات جامد معلق در محصولات احتراق	d_h
قطر لوله	d
قطر کویل	D_c
قطر هیدرولیکی	D_h
ضریب اصطکاک	f
ضریب اصطکاک در لوله مارپیچ	f_c
ضریب اصطکاک در لوله مستقیم	f_s
شارجرمی	G
آنتالپی	h
آنتالپی بخار سوپر هیت در دمای گازهای داغ و فشار محیط	h_{tg}
آنتالپی مایع اشباع	h_f
آنتالپی آب اشباع در دمای هوای احتراق	$(h_f)_{ta}$
آنتالپی بخار اشباع در دمای هوای احتراق	$(h_g)_{ta}$

گرمای نهان تبخیر	h_{fg}
ضریب جابجایی داخلی	h_i
ضریب جابجایی خارجی	h_o
ضریب انتقال حرارت مجموع سمت گازهای محترق شده	$\overline{h}_o$
ضریب انتقال حرارت جابجایی سمت گازهای محترق شده	$\overline{h}_{o,c}$
ضریب انتقال حرارت تشعشع	h_N
شدت تشعشع	I
شدت تشعشع قبل از جذب گازی	I_o
شدت طیفی	I_λ
نفوذ جرم	$\vec{J_i}$
ضریب جذب	k
ضریب جذب دوده	$\mathrm{k_c}$
ضریب جذب خاکستر	k_h
ضریب جذب جزء iام	k_i
ضریب جذب گازهای سه اتمی	k_y
ضریب رسانش سیال کارکرد	k_i
ضریب رسانش گازهای حاصل از احتراق	k_o
طول کویل	l_c
طول لوله	L
نسبت رطوبت هوای احتراق	M
وزن مولکولی جزء jام	$M_{\omega,j}$
جرم	m
نسبت جرم هوای احتراق به جرم سوخت	m_g
نسبت جرم گازهای خشک داغ به جرم سوخت	m_a
دبی جرمی	$\dot{m}$
دبی سوخت	$\dot{m}_f$
شاخص شکست	n
عدد ناسلت	Nu
فشار	P
فشار جزئی بخار آب	$\mathrm{P_v}$
گام کویل	p
انتقال حرارت تشعشع	Q_r
انتقال حرارت	q
شار حرارتی تشعشعی روی دیوار	q_{in}

شار تشعشعی خالص که سطح را ترک می‌کند	q_{out}
نرخ خالص تولید جزء iام بوسیله واکنش شیمیایی	R_i
نرخ خالص تولید جزء iام به علت واکنش rام	$R_{i,r}$
مجموع کسر مولی بخار آب و دی اکسید کربن	r
بردار مکان	$\vec{r}$
طول پرتو متوسط	S
تنش مجاز	S_a
عدد اشمیت	Sc_t
نرخ تولید بوسیله واکنش شیمیایی	S_i
طول مسیر	s
بردار جهت	$\vec{s}$
بردار جهت پراکندگی	$\vec{s}'$
دما	T
دمای هوای احتراق	t_a
دمای گازهای حاصل از احتراق	t_g
ضخامت لوله	t_w
ضریب انتقال حرارت کلی	U_o
سرعت	v
کیفیت بحرانی	x_l
نسبت جرمی جزء iام	Y_i
نسبت جرمی جزء iام محصولات احتراق	Y_p
نسبت جرمی جزء iام واکنش دهنده‌ها	Y_R

علائم یونانی

گام بی بعد	γ
ضریب صدور	ε
بازده بویلر	η_b
ویسکوزیته ذرات جامد معلق در گازهای محترق شده	μ_h
ویسکوزیته محصولات حاصل از احتراق	μ_t
ضریب استوکیومتری واکنش دهنده iام در واکنش r	$\nu'_{i,r}$
ضریب استوکیومتری محصول jام در واکنش rام	$\nu''_{j,r}$
ضریب استوکیومتری هر واکنش دهنده درواکنش rام	$\nu'_{R,r}$
چگالی	ρ
ثابت بولتزمن	σ
فاکتور پراکندگی جزء	σ_p
ضریب پراکندگی	σ_s

ضریب کشش سطحی	σ_t
تابع فاز	Φ
پارامتر شار حرارتی بحرانی	Ψ_{crit}

زیرنویس

هوا	a
سمت خارج کوره	cs
خروجی	e
خروج از ناحیه nام	en
مایع اشباع	f
شعله	fl
سمت کوره	fs
گازهای حاصل از احتراق	g
داخلی	i
ورودی سیال عامل به کویل nام	i, cn
ورود به ناحیه nام	in
مایع	l
خارجی	o
خروجی سیال عامل از کویل nام	o, cn
سیال کارکرد	of
خروجی	out
مبنا	ref
مجموع	t
مجموع گازهای حاصل از احتراق	tg
مجموع محصولات	tP
دیوار	w
بخار اشباع	v

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

یکی از دغدغه‌ها و مسائلی که انسان از آغاز پیدایش خود با آن روبرو بوده است. چگونگی استفاده از منابع انرژی است. با شکل‌گیری تمدن بشری چگونگی استفاده بهینه از منابع انرژی در ذهن انسان شکل گرفت و تا امروز با انسان بوده و در حال حاضر در غالب علوم مختلف پدیدار شده است. امروزه نیاز انسان به انرژی الکتریسیته، حرارت و برودت امری انکارناپذیر است. با توجه به راندمان پایین نیروگاهها و افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی استفاده از نیروگاههای خانگی امری ضروری است. زیرا در این نوع نیروگاهها می-توان از تلفات انرژی در کندانسور جهت تولید بار حرارتی و از یک چیلر جذبی یا سیکل تبرید اجکتوری جهت تولید بار برودتی استفاده کرد و راندمان سیکل را به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. به سیکل ترمودینامیکی که قادر به تولید همزمان سرما، حرارت و توان باشد سیستم (CCHP)[1] گفته می‌شود. در سال‌های اخیر تحقیقات در مورد انواع مختلف سیستم‌های CCHP به علت اهمیت آنها در ذخیره منابع انرژی و کاهش آلودگی هوا افزایش یافته است[۱]. در مقایسه باسیستم‌های تولید مجزای سرما، حرارت و توان، سیستم‌های CCHP دارای فاکتور بهره‌برداری بالاتر، آلودگی محیطی کمتر، امنیت بالاتر در مواقع جنگ و زلزله و مستقل از شبکه برق سراسری هستند. همچنین در این سیستم‌ها امکان فروش برق به شبکه سراسری وجود دارد[۳،۲]. برخلاف انرژی‌های پاک مانند انرژی خورشید و حرارت مرکزی زمین[2]، استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث می‌شود تا انرژی زیادی از طریق خروج از دودکش تلف شود و همچنین آلودگی هوا زیاد شود [۱]. یکی از قابلیت‌های سیستم‌های CCHP این است که می‌توانند با منابع سوخت مختلف از جمله خورشید و حرارت زمین کار کنند[۱]. سیستم‌های CCHP انعطاف‌پذیری زیادی برای استفاده در منابع دینامیکی مختلف یا محرک‌های اولیه مانند،موتور رفت و برگشتی، موتور استرلینگ،توربین‌گاز ،پیل سوختی و سیکل‌های رانکین مورد استفاده قرار گیرند[۱]. از چیلرهای جذبی و سیستم‌های تبرید اجکتوری برای تولید سرما در سیستم‌های CCHP استفاده می‌شود[۱].

[1] Combined Cooling Heating And Power
[2] Geothermal

یکی از سیستم‌های CCHP سیکل رانکین است .در این سیکل از یک میکروتوربین بخار جهت تولید توان استفاده می‌شود. برای تولید بخار از یک میکروبویلر استفاده می‌شود. بویلرها کاربرد وسیعی در صنعت دارند، لذا طراحی بهینه آنها از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده

۱-۲-۱- سیستم‌های CCHP و CHP

در سال‌های اخیر تحقیقات در مورد انواع مختلف سیستم‌های CCHP به علت اهمیت آنها در ذخیره منابع انرژی و کاهش آلودگی هوا افزایش یافته است[۱]. آکل حسن [1] [۴]، در سال ۲۰۰۲، قانون اول و دوم را روی سیکل ترمودینامیکی ترکیبی که جسوامی [2] در سال ۱۹۹۵ [۵]، پیشنهاد داد اعمال نمود. در این سیکل از مخلوط دوتایی آمونیوم-آب به عنوان سیال کارکرد برای تولید توان و سرما با استفاده از منبع حرارتی خورشید استفاده شده است. او راندمان سیکل را با رسیدن به ماکزیمم بازده قانون دوم بهینه‌سازی کرد. در سال ۲۰۰۹، خلیک [3] [۶]، یک سیکل ترکیبی CCHP شامل محرک اولیه توربین گاز، مولد بخار بازیافت حرارت(HRSG)[4] و یک چیلر جذبی را پیشنهاد کرد. او قانون اول و دوم ترمودینامیک را روی سیکل اعمال نمود تا تاثیر بعضی پارامترها مانند نسبت فشار کارکرد، دمای ورودی توربین، افت فشار محفظه و دمای تبخیرکننده روی بعضی از پارامترهای سیکل مانند اتلاف اگزرژی، بازده قانون اول و دوم سیکل را بررسی کند. در سال ۲۰۱۰، عامری[5] [۷]، یک تحلیل ترمودینامیکی روی سیکل ترکیبی CCHP شامل محرک اولیه توربین گاز، HRSG و یک سیستم تبرید اجکتوری انجام داد. او نشان داد با استفاده از این سیکل مصرف سوخت در مقایسه با سیکل مجزای تولید حرارت، سرما و تبرید کاهش می‌یابد. آنالیز گودفروی [6] وهمکارانش [۸]، در سال ۲۰۰۷، نشان داد که با استفاده از سیکل ترکیبی CCHP می‌توان به

[1] Akel hassan
[2] Goswami
[3] khaliq
[4] Heat recovery steam generator
[5] Ameri
[6] Godefroy