دانشکده مهندسی مکانیک

تحلیل انرژی و اگزرژی یک واحد نیروگاه بخار بندرعباس

نگارش:

صالح علی محمدی

اساتید راهنما:

دکتر سید مصطفی حسینعلی پور

دکتر کریم مقصودی مهربان

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

شهریورماه ۱۳۹۰

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب صالح علی محمدی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و ماخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء

تهران- لویزان – کد پستی ۱۶۷۸۸ – صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۸۵ – تلفن ۹ – ۲۲۹۷۰۰۶۰(داخلی ۲۳۴۷) – نمابر۲۲۹۷۰۰۱۱– پست الکترونیکی: sru@sru. ac. Ir

دانشکده مهندسی مکانیک

تحلیل انرژی و اگزرژی یک واحد نیروگاه بخار بندرعباس

نگارش:

صالح علی محمدی

اساتید راهنما:

دکتر سیدمصطفی حسینعلی‌پور

دکتر کریم مقصودی مهربان

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

شهریورماه ۱۳۹۰

تأییدیه هیئت داوران

۱.

۲.

۳.

۴.

تقدیم به:

بهتـــرین‌هـــای زنـــدگیم

پدر و مادرم بـــه پـــاس

فداکاری‌هایشان و یار و

یاورم همسر مهـــربانـــم

قدر دانی و تشکر

با سپاس و حمد فراوان خداوند بزرگ و بلند مرتبه را که قلم و اندیشه را آفرید. اکنون که با لطف خداوند می‌توانم در چند خطی سپاسگزار کمک و زحمات بزرگوارانی باشم که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند، جا دارد از تلاش‌های اساتید ارجمندم آقایان دکتر سید مصطفی حسینعلی پور و دکتر کریم مقصودی مهربان به خاطر راهنمایی‌ها و زحماتشان که در تمام مراحل پژوهش نهایت لطف و محبت خویش را شامل حال من کردند کمال تشکر و قدرانی را داشته باشم.

همچنین از استاد محترم آقای دکتر مبینی مدیر گروه رشته تبدیل انرژی تشکر می‌نمایم.

درنهایت بر خود لازم می‌دانم از دوستان عزیزم آقایان مجتبی جودکی، ابوذر حسامپور، رسول قاسمی، جوان مصطفی‌پور، خالد محمدیان و امین مرادی که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند نهایت تشکر و قدرانی داشته باشم. برای کلیه این بزرگواران سلامتی و سربلندی و توفیق روز افزون مسئلت می‌نمایم.

چکیده پایان نامه

درتحلیل انرژی واگزرژی با ترکیب قوانین اول و دوم ترمودینامیک، میتوان تحلیل دقیقتری از سیکل های تولید توان ارائه نمود در پژوهش حاضر این تحلیل روی نیروگاه بخار ۳۲۰ مگاوات بندرعباس، انجام شده واجزای دارای افت های بیشتر یا راندمان های کمتر مشخص شده اند. نتایج محاسبات، راندمان قانون اول و دوم سیکل در بار نامی را به ترتیب ٪۳۹/۸ و ٪۳۸/۷ نشان می‌دهد. همچنین تحلیل انرژی سیکل نشان می‌دهد که کندانسور و بویلر با ۳۹۷/۳۴ مگاوات و۹۲/۰۵ مگاوات دارای بیشترین اتلاف انرژی می‌باشند و نتایج تحلیل اگزرژی نشان دهنده آن است که بویلر با ۴۶۱/۹۵ مگاوات و کندانسور با ۴۴/۸۷ مگاوات بیشترین مقدار تخریب اگزرژی را به خود اختصاص داده اند. با تغییر بار واحد نیروگاه از ۱۰۰٪ تا ۳۰٪ بار نامی دیده می‌شود که راندمان های انرژی و اگزرژی سیکل افت قابل ملاحظه ای از خود نشان می‌دهند. به طوریکه راندمان قانون اول و دوم سیکل به ترتیب از ۳۹/۸٪ تا ۲۷/۴۹٪ و از ۳۸/۷٪ تا ۲۵/۹ ٪ تغییر می‌کند.

واژه‌های کلیدی: راندمان انرژی، راندمان اگزرژی، نیروگاه بخار، تخریب اگزرژی، بویلر

فهرست مطالب

فصل اول

۱-۱ پیشینه تحقیق ۲

۱-۲ بیان مسئله تحقیق ۳

۱-۳ اهداف تحقیق ۴

۱-۴ ضرورت و اهمیت تحقیق ۴

۱-۵ مشخصات نیروگاه بندر عباس ۴

۱-۵-۱ موقعیت جغرافیایی ۴

۱-۵-۲ شرایط آب وهوایی طرح ۴

۱-۵-۳ مشخصات فنی و قسمتهای مختلف نیروگاه ۵

۱-۶ نقش نیروگاه‌ها در آلودگی محیط زیست ۱۳

۱-۷ اهمیت تحلیل سیستم‌های ترمودینامیکی براساس قانون دوم یاتحلیل اگزرژی ۱۳

فصل دوم

مقدمه ۱۶

۲-۱ بیان ریاضی قوانین اول و دوم ترمودینامیک ۱۸

۲-۲ مفهوم اگزرژی ۱۹

۲-۳ قانون کار تلف شده و مفهوم اگزرژی: ۲۱

۲-۴ بازده قانون دوم ۲۸

۲-۵ انتقال اگزرژی به واسطه انتقال حرارت ۲۹

۲-۶ انواع اگزرژی ۳۰

۲-۶-۱ اگزرژی سکون: ۳۰

۲-۶-۲ اگزرژی جریان ۳۳

فصل سوم

۳-۱ عوامل بازگشت ناپذیزی ومکانیزمهای تولید آنتروپی و نابودی اگزرژی ۳۸

۳-۱-۱ انتقال حرارت در اثر اختلاف دمای محدود ۳۹

۳-۱-۲ جریان همراه با اصطکاک ۴۱

۳-۱-۳ اختلاط ۴۳
۳-۲ روابط اگزرژی ۴۵
۳-۳ سیکل‌ها ۴۷
۳-۳-۱ سیکل موتور حرارتی ۴۷
۳-۳-۲ سیکل ساده رانکین ۴۹

فصل چهارم

۴-۱ مقدمه ۵۴
۴-۲ معادلات و روابط حاکم ۵۸
۴-۲-۱ توربین ۵۶
۴-۲-۲ کندانسور ۵۹
۴-۲-۳ بویلر ۶۰
۴-۲-۳-۱ نحوه اندازه گیری h_F ۶۱
۴-۲-۳-۲ محاسبه اگزرژی حاصل از احتراق در دودکش ۶۱
۴-۲-۳-۳ اگزرژی شیمیایی سوخت‌ها ۶۲
۴-۲-۴ هیتر فشار ضعیف شماره یک ۶۳
۴-۲-۵ هیتر فشار ضعیف شماره دو ۶۵
۴-۲-۶ هیتر فشار ضعیف شماره ۳ ..... ۶۶
۴-۲-۷ دی اریتور(هوازدا) ۶۷
۴-۲-۸ هیتر فشار قوی شماره ۵ ..... ۶۸
۴-۲-۹ هیتر فشار قوی شماره ۶ ..... ۶۹
۴-۲-۱۰ هیتر فشار قوی شماره ۷ ..... ۷۱

فصل پنجم

۵-۱ مقدمه ۷۳
۵-۲تحلیل نتایج ۷۳
پیشنهادات: ۸۵
فهرست مقالات ارائه شده: ۸۶
منابع ۸۷

فهرست جداول

جدول (۴-۱) مشخصلت نقاط مختلف سیکل در بار ۳۲۰مگاوات. **۵۵**

جدول (۴-۲) مشخصات نقاط مختلف سیکل دربار ۱۹۲ مگاوات. **۵۶**

جدول (۴-۳) مشخصات نقاط مختلف سیکل دربار ۷۵ مگاوات. **۵۷**

جدول(۴-۴) نتایج محاسبات برای توربین **۵۹**

جدول (۴-۵) نتایج محاسبات برای کندانسور **۶۰**

جدول (۴-۶) آنالیز گازهای خروجی **۶۱**

جدول (۴-۷) نحوه محاسبهξ برای سوخت های مختلف **۶۳**

جدول(۴-۸) نتایج محاسبات برای بویلر **۶۳**

جدول(۴-۹) نتایج محاسبات برای هیتر فشار ضیعف شما ره ۱ **۶۴**

جدول(۴-۱۰)نتایج محاسبات برای هیتر فشار ضعیف شماره ۲ **۶۶**

جدول(۴-۱۱)نتایج محاسبات برای هیتر فشار ضعیف شماره ۳ **۶۷**

جدول(۴-۱۲) نتایج محاسبات برای دی اریتور **۶۸**

جدول(۴-۱۳) نتایج محاسبات برای هیتر فشار قوی شماره ۵ **۶۹**

جدول(۴-۱۴)نتایج محاسبات برای هیتر فشار قوی شماره ۶ **۷۰**

جدول(۴-۱۵)نتایج محاسبات برای هیتر فشار قوی شماره ۷ **۷۱**

فهرست نمودارها

نمودار (۵-۱) تلفات انرژی سیکل دربار ۳۲۰ مگاوات ۷۴

نمودار (۵-۲) تلفات انرژی هیترها در بار ۳۲۰ مگاوات ۷۵

نمودار(۵-۳) تلفات انرژی هیترها در سه بار مختلف ۷۶

نمودار (۵-۴)راندمان قانون اول اجزای سیکل دربار ۳۲۰مگا وات. ۷۷

نمودار (۵-۵) تلفات اگزرژی اجزای سیکل در بار ۳۲۰ مگاوات ۷۹

نمودار (۵-۶)تلفات اگزرژی هیترها در بار ۳۲۰ مگاوات. ۷۹

نمودار (۵-۷) راندمان قاون دوم اجزاء سیکل در بار ۳۲۰ مگاوات. ۸۰

نمودار (۵-۸) راندمان قانون اول و دوم سیکل در سه بار مختلف. ۸۱

نمودار (۵-۹) تلفات انرژی اجزای سیکل در سه بار مختلف. ۸۲

نمودار (۵-۱۰) اتلاف انرژی توربین و هیترها در سه بار مختلف. ۸۳

نمودار (۵-۱۱) اتلاف اگزرژی اجزای سیکل در سه بار مختلف. ۸۴

نمودار (۵-۱۲) اتلاف اگزرژی هیترها در سه بار مختلف. ۸۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱) چرخه رانکین ۱۷

شکل ۲-۲) سیستم باز در تماس با اتمسفر و n تعداد منبع حرارتی ۲۲

شکل ۲-۳) wوw_{rev} میتوانند هردو مثبت یا هردو منفی باشند درحالی که W_{last} فقط میتواند مثبت باشد. ۲۴

شکل ۲-۴) موازنه اگزرژی که در محدوده بازگشت پذیری بر سیستم شکل ۲-۲ حاکم است ۲۷

شکل ۲-۵) روش دیگری برای محاسبه اگزرژی در شکل (۲-۲) که نشان می‌دهد چگونه اگزرژی تلف شده موازنه بین اگزرژی ورودی و خروجی را تغییر می‌دهد. ۲۸

شکل ۲-۶) رابطه بین انتقال کار (w)، کار در دسترس (E_W) و کار در دسترس تلف شده (W_{last}) یا ($W_E)_{last}$ ۳۲

شکل ۲-۷) اگزرژی سکون ویژه مایع تراکم ناپذیر ۳۳

شکل ۲-۸) خطوط اگزرژی سکون ثابت برای گاز ایده آل ۳۶

شکل ۲-۹) اگزرژی جریان بی بعد گاز ایده آل در حالت یکنواخت که تا بعی از نسبت دماها می‌باشد. ۳۶

شکل۳-۱) نابودی کار مفید در شکاف حرارتی بر اثر انتقال حرارت ۴۰

شکل ۳-۲) شماتیک ابزار اختلاط با دو ورودی و یک خروجی ۴۴

شکل ۳-۳) دیا گرام مثلثی که پدیده اتلاف کار در دسترس و تولید آنتروپی را در سیکل موتور حرارتی نشان می‌دهد ۴۸

شکل ۳-۴) ارتباط بین بازده قانون اول و بازده قانون دوم در سیکل موتور حرارتی ۴۸

شکل ۳-۵) تبدیل ونابودی اگزرژی در سیکل ساده رانکین ۵۰

شکل ۳-۶) مبدل حرارتی بدون اختلاط ۵۱

شکل ۳-۷) شماتیک مبدل حرارتی اختلاط مستقیم ۵۲

شکل ۴-۱) شماتیک سیکل نیروگاه بندرعباس ۵۴

شکل ۴-۲) شماتیک مجموعه توربین ها ۵۶

شکل ۴-۳) شماتیک کندانسور ۵۹

شکل ۴-۴) شماتیک بویلر ۶۰

شکل ۴-۵) شماتیک هیتر فشار ضعیف شماره یک ۶۳

شکل ۴-۶) شماتیک هیتر فشار ضعیف شماره دو ۶۵

شکل ۴-۷) شماتیک هیتر فشار ضعیف شماره سه ۶۶

شکل ۴-۸) شماتیک دی اریتور ۶۷

شکل ۴-۹) شماتیک هیتر فشار قوی شماره پنج ۶۸

شکل ۴-۱۰) شماتیک هیتر فشار قوی شماره شش ۶۹

شکل ۴-۱۱) شماتیک هیتر فشار قوی شماره هفت ۷۱

فهرست علائم و اختصارات

m	جرم kg
$\dot{m}$	دبی جرمی $\frac{kg}{hr}$
W	کارkj
h	آنتالپی $\frac{kj}{kg}$
u	انرژی داخلی مخصوص $\frac{kj}{kg}$
Q	حرارتkj
S	آنتروپی $\frac{kj}{k}$
LW	کار تلف شدهkj
T	دما $k^{\circ}, c^{\circ}, F^{\circ}$
V	حجم m^3
v	حجم مخصوص $\frac{m^3}{kg}$
$\dot{h}$	متالپی $\frac{kj}{kg}$
s	آنتروپی مخصوص $\frac{kj}{kg}$
$\dot{s}$	نرخ تولید آنتروپی $\frac{kj}{k.sec}$
P	فشار(bar)
t	زمان(hr,sec)
E	آگزرژیkj
e	آگزرژی مخصوص $\frac{kj}{kg}$
c	گرمای ویژه $\frac{kj}{k}$
$\dot{I}$	نرخ بازگشت ناپذیری $\frac{kj}{kg}$
F	درصد جرمی
LHV	ارزش حرارتی پایین سوخت
HHV	ارزش حرارتی بالای سوخت

$X°$	جزء مولی
$\bar{g}$	تابع گیبس
b	دسترس پذیری جریان

اندیس‌ها

c. v	حجم کنترل
i	ورودی
e	خروجی
gen	تولید شده
Lost	تلف شده
turb	توربین
cond	کندانسور
HPH	هیتر فشار قوی
LPH	هیتر فشار ضعیف
DA	دی اریتور
Irr	بازگشت ناپذیر
o	کمیت مربوط به حالت مبنا
۱و۲و۰۰۰	کمیت مربوط به حالت ۱و۲و۰۰۰
I	مربوط به قانون اول
II	مربوط به قانون دوم
H	منبع گرمایی دما بالا
Boiler	بویلر
HPT	توربین فشار بالا
IPT	توربین فشار متوسط
LPT	توربین فشار پائین

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ پیشینه تحقیق

آنالیز انرژی و اگزرژی بر اساس قانون اول و دوم ترمودینامیک این امکان را فراهم می‌آورد که روش مطلوب تحلیل سیستم‌های انرژی و همچنین شناخت واضح سطوح انرژی و فرایندهای نامطلوب ترمودینامیکی یک سیستم مشخص شود. آنالیز اگزرژی شامل دو مرحله اساسی است، مرحله اول شناسایی و بررسی فرآیندهای نامطلوب ترمودینامیکی سیستم بر پایه تعیین اتلاف اگزرژی و سپس تلاش جهت به حداقل رساندن این اتلافات می‌باشد. آنالیز اگزرژی و یا قانون دوم برای توجیه و توصیف جریان‌های مختلف انرژی و نیز کمک به کاهش افت هایی است که در یک سیستم رخ می‌دهد. اگزرژی حداکثر کار محوری است که می‌توان در یک مجموعه از ماشین‌های ایده آل از مقدار انرژی دریافت کرد. مشخص است که در طول یک پروسه اگزرژی ذخیره نمی‌شود ولی به دلیل بازگشت ناپذیری‌ها می‌تواند از بین رود[۱۹]. این روش می‌تواند تک تک اجزای سیکل را به طور مجزا تحلیل کند و سهم هر یک از اجزا در اتلافات کل سیکل را به دست آورد و در مکان یابی ناکارآمدی‌های یک سیکل به طور دقیق عمل کند. محققان زیادی مانند کتاس و موران [۳]آنالیز اگزرژی را برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انجام دادند و تلفات را در اجزای مختلف محاسبه کردند. فیاسچی [۱۸] در مقاله ای آنالیز اگزرژی برای یک واحد سیکل ترکیبی را انجام داد و نتیجه گرفت که بیشترین تلفات در داخل محفظهٔ احتراق به وقوع می‌پیوندد و دلیل آن اختلاف دمای بالای بین شعله و سیال عامل است و به این نتیجه رسید که آنالیز اگزرژی یک مفهوم مفید برای مقایسهٔ عملکردهای سیکل توربین گاز است. نگاهی دقیق به مطالعات اخیر محققان نشان می‌دهد که آنها سعی بر این داشته اند که بازده و قدرت خروجی این نیروگاه‌ها را افزایش دهند. در این میان استفاده از مشعل اضافی یک انتخاب مهم برای افزایش قدرت خروجی می‌باشد. شبیه سازی و کاهش تلفات برای یک نیروگاه سیکل ترکیبی سه فشاره بوسیله باسیلی[۴] انجام شد، او یک بویلر بازیآب با ۷ نقطه ی پینچ درنظر گرفت و تاثیر دمای ورودی به توربین گاز را روی نقاط پینچ مورد بررسی قرار داد. هدف او کاهش دمای نقاط پینچ بود. فرانکو و همکارانش [۵] در تحقیقشان نشان دادند که بهینه کردن بویلر بازیآب بوسیله تزریق بخار انجام می‌گیرد که این عمل باعث کاهش اختلاف دما بین جریانات گرم و سرد خواهد شد. سانگ و کیم [۶] آنالیز اگزرژی را روی سیکل توربین گاز در بارهای مختلف انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که واکنش‌های شیمیایی انجام گرفته در محفظه احتراق و همچنین اختلاف دمای بالا بین شعله و سیال عامل، باعث بیشترین تلفات در سیکل توربین گاز خواهد شد. احمد سیهان و همکارانش[۷] در مقاله خود آنالیز اگزرژی و پیشنهادهایی را برای افزایش راندمان نیروگاه سیکل ترکیبی انجام دادند آنها با استفاده از داده‌های گرفته شده از نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی و تلفات اگزرژی را در هر یک از قسمت‌های نیروگاه محاسبه کردند. نتایج آنها نشان داد که محفظه احتراق, توربین گاز, و بویلر بازیآب بیشترین قسمت از بازگشت ناپذیریهای موجود در یک نیروگاه سیکل ترکیبی را شامل می‌شود که این بازگشت ناپذیری‌ها برای این اجزاء تقریباً برابر ٪۸۵ کل بازگشت ناپذیری‌های کل سیکل است. پیشنهاد هایی که آنها ارائه کردند به کار بردن سیستم

چیلر جذبی در سیکل توربین گاز،افزایش دمای ورودی به توربین گاز (TIT) و افزایش سطوح حرارتی در بویلر بازیآب بود. محمد جواد آبادی و همکارش [۲۰] آنالیز اگزرژی را برای سیکل توربین گاز یک نیروگاه ۱۱۶ مگاوات انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تاثیر افزایش دمای ورودی به توربین گاز باعث افزایش بازده اگزرژیکی کل سیکل و کاهش تلفات اگزرژی خواهد شد. همچنین آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین تلفات در یک نیروگاه گازی در محفظه احتراق رخ خواهد داد. محققان دیگر[۱۵-۹]تحقیقات گسترده ای بر روی تحلیل انرژی و اگزرژی سیستم های حرارتی انجام داده اند که برای آگاهی بیشتر می‌توان به مراجع مذکور مراجعه نمود. هدف از این پژوهش بکارگیری تحلیل انرژی و اگزرژی برای نیروگاه ۳۲۰ مگاوات سیکل بخار بندرعباس و شناختن نقاط گلوگاهی از نظر تخریب انرژی و اگزرِژی می‌باشد. همچنین تاثیرات تغییرات بار واحد بر روی راندمان انرژی و اگزرژی سیکل بررسی شده است.

۱-۲ بیان مسئله تحقیق

آنالیز اگزرژی، جریان های انرژی درون سیستم را به صورت کیفی مورد بررسی قرار می‌دهد و این توانایی را دارد که فرآیند های نامطلوب ترمو دینامیکی و اجزای کم بازده درون سیستم را شناسایی و بیشترین اصلاحات ممکن سیستم را تعیین کند. همچنین آنالیز اگزرژی توانایی تجزیه و تحلیل سیستم های را که علاوه بر حرارت شامل توان نیز می‌باشند را داراست. محدویت آنالیز اگزرژی در عدم ارائه یک روش جامع در طراحی سیستم‌ها می‌باشد تحلیل اگزرژی سیستم های ترمو دینامیکی از جمله مباحث نظری جدید می‌باشد که در دو دهه اخیر به تدریج توسعه یافته و بخش مهمی از مباحث نظری کتآب های ترمودینامیک پیشرفته را به خود اختصاص داده است. این آنالیز در بخش های مختلف صنعت می‌تواند نقاط ضعف در کارایی فرآیندهای تبدیل انرژی را مشخص نماید. به طوریکه پتانسیل های ممکن جهت اصلاح عملکرد سیستم تعیین شود. تحلیل اگزرژی در نیروگاه های حرارتی می‌تواند به صورت خاص بر روی بخش مشخصی از نیروگاه انجام شود و یا آنکه مطالعه ناظر بر کل نیروگاه باشد در خروجی چنین مطالعه ای میزان تولید آنتروپی توسط فرآینهای مختلف و اجزای مختلف سیستم مشخص شده و بنابراین نقاط ضعف و قوت سیستم از نظر فرآیندهای تبادل انرژی و کار مشخص خواهد شد. با داشتن چنین اطلاعاتی می‌توان در مورد راه کارهای اصلاح سیستم نظرات دقیق تری ارائه نمود و در پیشنهاد حاصل نسبت به انجام چنین تحلیلی در یک نیروگاه حرارتی مشخص اقدام و با داشتن اطلاعات و داده های عملیاتی نیروگاه نسبت به تحلیل اگزرژی اقدام خواهد شد.