



دانشکده مهندسی مکانیک

مقایسه عملکرد انواع مولدهای بخار بازیاب حرارت متداول در انجام بازتوانی کامل یک نیروگاه بخار

نگارش:

وحید روحانی

استاد راهنما:

دکتر کریم مقصودی مهربان

دکتر کامران مبینی

استاد مشاور: عبدالله مهرپناهی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

بهمن ماه ۱۳۹۲

بسمه تعالی



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب وحید روحانیمتعهد 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 قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه 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: **وحید روحانی**

امضاء:



دانشکده مهندسی مکانیک

مقایسه عملکرد انواع مولدهای بخار بازیاب حرارت متداول در انجام بازتوانی کامل یک نیروگاه بخار

نگارش:

وحید روحانی

اساتید راهنما:

دکتر کریم مقصودی مهربان

دکتر کامران مبینی

استاد مشاور: عبدالله مهرپناهی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

بهمن ماه ۱۳۹۲

تاییدیه هیئت داوران

نام دانشکده: دانشکده مهندسی مکانیک

نام دانشجو: وحید روحانی

عنوان پایان نامه یا رساله: مقایسه عملکرد انواع مولدهای بخار بازیاب حرارت متداول در انجام بازتوانی کامل یک نیروگاه بخار

تاریخ دفاع: ۹۲/۱۱/۲۸

رشته: مهندسی مکانیک

گرایش: تبدیل انرژی

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	کریم مقصودی مهربان	استادیار	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی	
۲	استاد راهنما	کامران مبینی	استادیار	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی	
۳	استاد مشاور	عبدالله مهرپناهی	دانشجوی دکترا	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی	
۴	استاد مدعو داخلی	شعبان علیاری شوره دلی	استادیار	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی	
۵	استاد مدعو خارجی	کامبیز رضاپور	استادیار	دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج	

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما: کریم مقصودی مهربان کامران مبینی

تاریخ:

امضا:

تقدیم به

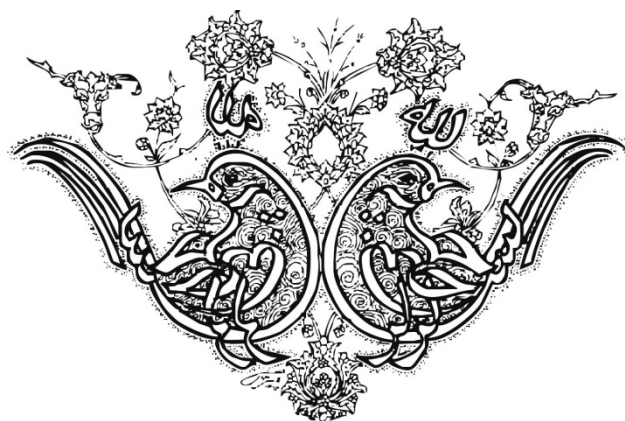
بهترین های زندگی

پدر و مادر

به پاس فداکاری هایشان

و تقدیم به دو سنبل امید و زندگی

برادر و خواهر عزیزم



تشکر و قدردانی

سپاس و حمد فراوان خداوند بزرگ و بلند مرتبه را که قلم و اندیشه را آفرید. اکنون که با لطف خداوند می توانم در چند خطی سپاسگزار کمک و زحمات بزرگوارانی باشم که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند، جا دارد از تلاش های آقایان دکتر کریم مقصودی مهربان و دکتر عبدالله مهرپناهی به خاطر راهنمایی ها و زحماتشان که در تمام مراحل پژوهش نهایت لطف و محبت خویش را شامل حال من کردند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

تشکر ویژه را تقدیم به خانواده عزیزم می کنم که همواره یار و یاور و سنگی صبور بر مشکلات من بوده اند.

در نهایت بر خود لازم می دانم از آقای صادق نیکبخت ناصر آباد که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را داشته و برای این عزیزان تمنای عزت، سلامتی و توفیق روزافزون از درگاه خداوند تبارک و تعالی دارم.

چکیده

بازتوانی به اضافه کردن واحد(های) توربین گاز به سیکل بخار و استفاده از حرارت گازهای خروجی آنها به منظور بالا بردن راندمان سیکل گفته می شود. روشهای بازتوانی به دو دسته کلی تقسیم بندی می شود : بازتوانی کامل و بازتوانی جزئی. از بازتوانی کامل به عنوان روشی آزموده شده و متداول، جهت بازسازی نیروگاه های بخار قدیمی و بالا بردن راندمان آنها استفاده می شود. در این تحقیق نیروگاه بخار بعثت تهران، به عنوان نیروگاه بخار مرجع در نظر گرفته شده است. این نیروگاه بخار قدیمی، توسط شرکت جنرال الکتریک باراندمان ۳۱.۴۶٪ طراحی شده است، در حالی که راندمان واقعی این نیروگاه در حال حاضر ۲۶.۸۱٪ می باشد. با استفاده از بازتوانی کامل، دو سیکل ترکیبی جداگانه با استفاده از دو بویلر بازیاب حرارت متفاوت (تک فشاره، دو فشاره) طراحی شده است. از طریق تحلیل اگزرژی راندمان های حرارتی و اگزرژی سیکل های بازتوانی شده برای حالتی خاص از نظر میزان بخار تولیدی و با فرض غیر فعال بودن داکت برنر محاسبه شده و نقاط ضعف وقوت آنها، در استفاده از اگزرژی دود خروجی توربین گاز مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج در این حالت نشان می دهد که راندمان های حرارتی و اگزرژی برای حالت تکفشاره به ترتیب ۴۱.۹۲٪ و ۴۰.۶۶٪ و برای حالت دوفشاره به ترتیب ۴۴.۳۹٪ و ۴۳.۰۶٪ می باشند و دمای دود خروجی از دودکش در حالت دو فشاره کمتر از حالت تک فشاره می باشد و در هر دو سیکل، محفظه احتراق در قسمت گازی و بویلر بازیاب حرارت در قسمت بخار دارای بالاترین تلفات اگزرژی هستند. از طرفی با استفاده از داکت برنر و افزایش سوخت تزریقی به آن، به دلیل بالا رفتن دمای دود ورودی به بویلر بازیاب حرارت، در حالت کلی راندمان حرارتی سیکل ترکیبی، راندمان اگزرژی سیکل ترکیبی و راندمان اگزرژی بویلر بازیاب حرارت، کاهش می یابند. در حالی که دمای دود خروجی از بویلر و اتلاف اگزرژی دودکش، دبی بخار تولیدی و توان تولیدی افزایش می یابند. با در نظر گرفتن محدودیت ها و نیاز های طراحی و با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی سیکل های بازتوانی شده از لحاظ فنی-اقتصادی پرداخته شده و با ماکزیمم قرار دادن هزینه هر کیلووات ساعت برق تولیدی (۸۳۰ ریال) مشاهده می شود که سیکل بازتوانی شده تکفشاره در حالت بهینه عملکردی خود، نسبت به حالت دوفشاره دارای راندمان حرارتی و اگزرژی بالاتری می باشد. راندمان حرارتی سیکل های بازتوانی شده تکفشاره و دوفشاره به ترتیب به میزان ۱۹.۶۱٪ و ۱۹.۳۹٪ نسبت به راندمان حرارتی سیکل بخار مرجع درهنگام طراحی، بالاتر می باشند. راندمان های حرارتی و اگزرژی سیکل بهینه شده تکفشاره به ترتیب ۵۱.۰۵٪ و ۴۹.۵۵٪ و این مقادیر برای حالت دوفشاره به ترتیب ۵۰.۸۵٪ و ۴۹.۳۳٪ می باشند. همچنین نتایج نشان می دهد که توان خالص تولیدی توسط این دو سیکل به ترتیب مقادیر ۱۹۳.۴ MW و ۲۲۶.۷ MW می باشند. توان تولیدی بالاتر سیکل بازتوانی شده دوفشاره در حالت بهینه خود نسبت به سیکل تکفشاره، به دلیل جذب بهتر حرارت از دود توسط بویلر بازیاب حرارت می باشد.

واژه های کلیدی: بازتوانی کامل، نیروگاه بعثت، بویلر بازیاب حرارت، داکت برنر، راندمان، بهینه سازی

فهرست مطالب

فصل اول: طرح مسئله

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- بیان مسئله تحقیق..... ۳
- ۳-۱- اهداف تحقیق..... ۵
- ۴-۱- سوالات یا فرضیه های تخصصی..... ۵
- ۵-۱- ضرورت و اهمیت تحقیق..... ۵
- ۶-۱- پیشینه تحقیق..... ۶
- ۷-۱- کاربرد نتایج تحقیق..... ۱۰
- ۸-۱- مسیر تحقیق..... ۱۰

فصل دوم: معرفی نیروگاه های حرارتی ایران

- ۱-۲- وضعیت کنونی راندمان نیروگاه های کشور..... ۱۲
- ۲-۲- اقدامات در دست انجام در بخش نیروگاه های کشور..... ۱۴
- ۳-۲- نگاهی به مصرف سوخت در نیروگاه های کشور..... ۱۶
- ۴-۲- آماری از وضعیت نیروگاه های بخار کشور..... ۱۷
- ۵-۲- قیمت سوخت و قیمت تمام شده برق در ایران..... ۱۷
- ۶-۲- مشخصات کلی نیروگاه بخار بعثت تهران..... ۱۸
- ۷-۲- جمع بندی و نتیجه گیری..... ۱۹

فصل سوم: روش های باز توانی و سیستم های موجود در انجام باز توانی کامل

- ۱-۳- مقدمه..... ۲۱
- ۱-۱-۳- باز توانی به روش جعبه هوای داغ..... ۲۱
- ۲-۱-۳- باز توانی به روش پیش گرم کردن آب تغذیه..... ۲۲
- ۳-۱-۳- باز توانی به روش موازی (بویلر کمکی)..... ۲۳
- ۴-۱-۳- باز توانی کامل..... ۲۳
- ۲-۳- اجزای باز توانی کامل..... ۲۴
- ۱-۲-۳- بویلر بازیاب حرارت..... ۲۴
- ۱-۱-۲-۳- بویلر بازیاب حرارت فابریتیوب..... ۲۴
- ۲-۱-۲-۳- بویلر بازیاب حرارت وانرتیوب..... ۲۵
- ۳-۱-۲-۳- بویلر بازیاب حرارت افقی..... ۲۶
- ۱-۳-۱-۲-۳- اکونومایزر..... ۲۷
- ۲-۳-۱-۲-۳- اواپراتور..... ۲۷

۳۰	..... ۳-۳-۱-۲-۳-۳ درام
۳۰	..... ۴-۳-۱-۲-۳-۳ انواع اواپراتور
۳۲	..... ۵-۳-۱-۲-۳-۳ سوپرهیتر
۳۳	..... ۶-۳-۱-۲-۳-۳ لوله های فین دار
۳۴	..... ۷-۳-۱-۲-۳-۳ دودکش و تجهیزات
۳۵	..... ۸-۳-۱-۲-۳-۳ پیش گرمکن
۳۶	..... ۹-۳-۱-۲-۳-۳ هوازدا
۳۷	..... ۱۰-۳-۱-۲-۳-۳ ریپهتر
۳۷	..... ۱۱-۳-۱-۲-۳-۳ داکت برنر
۳۹	..... ۱۲-۳-۱-۲-۳-۳ پمپ ها
۳۹	..... ۲-۲-۳-۳ توربین گاز
۴۰	..... ۱-۲-۲-۳-۳ اجزای توربین گاز

فصل چهارم: مدل سازی سیکل های باز توانی

۴۲	..... ۱-۴-۱- مبانی نظری انجام عملیات باز توانی
۴۲	..... ۱-۴-۱- معرفی کلی سیکل نیروگاه بخار
۴۲	..... ۱-۴-۲- انحراف سیکل های قدرت بخاری واقعی و ایده آل
۴۳	..... ۱-۴-۳- افزایش بازده سیکل رانکین با ترکیب آن با سیکل های دیگر
۴۵	..... ۲-۴-۲- تبدیل نیروگاه بخار به سیکل ترکیبی
۴۵	..... ۱-۴-۲- معرفی نیروگاه بعثت تهران
۴۷	..... ۲-۴-۲- سیستم های اصلی نیروگاه بخار بعثت و مشخصات فنی آن ها
۴۸	..... ۲-۴-۳- باز توانی کامل نیروگاه بخار بعثت تهران و تبدیل آن به سیکل ترکیبی
۴۸	..... ۱-۴-۲-۴- اطلاعات ورودی
۴۹	..... ۲-۴-۲- شرایط و محدودیت های انجام باز توانی
۵۰	..... ۲-۴-۳-۳- توربین گاز و بویلر های بازیاب انتخاب شده منطبق با نیازها و محدودیت های باز توانی
۵۲	..... ۲-۴-۳-۴- مشخصات کلی توربین گاز استفاده شده
۵۴	..... ۲-۴-۳-۵- ویژگی های بویلر های انتخاب شده جهت باز توانی کامل نیروگاه بعثت
۵۵	..... ۲-۴-۳-۶- تحلیل نقطه به نقطه بخش تولید بخار سیکل های باز توانی شده
۵۷	..... ۳-۴- روابط ترمودینامیکی
۵۷	..... ۱-۴-۳-۱- کمپرسور هوا
۵۹	..... ۲-۴-۳-۲- محفظه احتراق
۶۰	..... ۳-۴-۳-۳- توربین
۶۱	..... ۴-۴-۳-۱- داکت برنر
۶۱	..... ۵-۴-۳-۲- بویلر بازیاب حرارت
۶۳	..... ۶-۴-۳-۳- توربین بخار
۶۴	..... ۷-۴-۳-۴- کندانسور
۶۴	..... ۸-۴-۳-۴- پمپ
۶۴	..... ۴-۴- روابط اگزرژی
۶۷	..... ۵-۴-۵- انهدام اگزرژی
۶۷	..... ۱-۴-۵-۱- انهدام اگزرژی در توربین گاز
۶۸	..... ۲-۴-۵-۲- انهدام اگزرژی در توربین بخار

۶۹	.....۳-۵-۴-انهدام اگزرژی و راندمان اگزرژی کندانسور.....
۷۰	.....۴-۵-۴-انهدام اگزرژی پمپ ها.....
۷۱	.....۵-۵-۴-انهدام اگزرژی و راندمان اگزرژی بویلر بازیاب حرارت.....
۷۲	.....۶-۵-۴-انهدام اگزرژی و راندمان اگزرژی سیکل بازتوانی شده.....
۷۲	.....۴-۴-روابط اقتصادی.....
۷۳	.....۱-۴-۴-هزینه خرید تجهیزات.....
۷۴	.....۲-۴-۴-هزینه تعمیر و نگهداری.....
۷۴	.....۳-۴-۴-هزینه سوخت مصرفی.....
۷۵	.....۴-۴-۴-قیمت هر کیلووات ساعت برق تولیدی.....

فصل پنجم: بررسی نتایج

۷۸	.....۱-۵-مقدمه.....
۷۸	.....۲-۵-تحلیل اگزرژی سیکل های بازتوانی شده.....
۷۸	.....۱-۲-۵-تحلیل اگزرژی سیکل بازتوانی شده تکفشاره.....
۸۱	.....۲-۲-۵-تحلیل اگزرژی سیکل بازتوانی شده دوفشاره.....
۸۴	.....۳-۵-بررسی تاثیر استفاده از داکت برنر بر پارامترهای عملکردی سیکل های بازتوانی شده.....
۸۸	.....۴-۵-بررسی تاثیر تغییر پارامترهای سیکل گازی بر پارامترهای عملکردی سیکل های بازتوانی شده.....
۹۰	.....۴-۵-بهینه سازی سیکل های بازتوانی شده.....
۹۴	.....جمع بندی و ارائه پیشنهاد.....
۹۶	.....فهرست مقالات ارائه شده.....
۹۷	.....مراجع.....

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): روند انجام تحقیق پیش رو ۱۰
- جدول (۱-۲): تغییرات راندمان نیروگاههای حرارتی طی سالهای ۸۰ تا ۸۹ (ارقام به درصد می باشند) ۱۴
- جدول (۲-۲): سهم انواع نیروگاهها در واحدهای در دست اقدام تا سال ۱۳۹۲. ۱۴
- جدول (۳-۲): سهم انواع نیروگاههای احداث شده در فاصله سالهای ۱۳۸۵-۱۳۵۰. ۱۵
- جدول (۴-۲): ظرفیت (مگاوات) نیروگاه های در دست اجرای کشور طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳. ۱۵
- جدول (۱-۴): نتایج تحلیل نیروگاه بخار تهران و مشخصات ترمودینامیکی واگرژی به دست آمده از تحلیل ۴۶
- جدول (۲-۴): اطلاعات ورودی جهت تحلیل سیکل های بازتوانی شده تکفشاره ودوفشاره ۴۸
- جدول (۳-۴): مشخصات فنی و ترمودینامیکی توربین گاز استفاده شده جهت انجام بازتوانی کامل ۵۲
- جدول (۴-۴): اجزا گاز طبیعی و کسر حجمی هر کدام ۵۳
- جدول (۵-۴): اجزا دود خروجی از محفظه احتراق و کسر حجمی هر کدام ۵۳
- جدول (۶-۴): اجزای هوای مصرفی احتراق در توربین گاز و داکت برنر و کسر حجمی هر کدام ۵۳
- جدول (۷-۴): شرایط ترمودینامیکی نقاط مختلف سیکل گازی در سیکل های بازتوانی شده ۵۴
- جدول (۸-۴): شرایط ترمودینامیکی آب/بخار در نقاط مختلف سیکل بخار برای سیکل بازتوانی شده تکفشاره در دو حالت فعال بودن ونبودن داکت برنر ۵۶
- جدول (۹-۴): شرایط ترمودینامیکی دود در نقاط مختلف بویلر بازیاب حرارت برای سیکل بازتوانی شده تکفشاره در دو حالت فعال بودن ونبودن داکت برنر ۵۶
- جدول (۱۰-۴): شرایط ترمودینامیکی آب/بخار در نقاط مختلف سیکل بخار برای سیکل بازتوانی شده دوفشاره در دو حالت فعال بودن ونبودن داکت برنر ۵۶
- جدول (۱۱-۴): شرایط ترمودینامیکی دود در نقاط مختلف بویلر بازیاب حرارت برای سیکل بازتوانی شده دوفشاره در دو حالت فعال بودن ونبودن داکت برنر ۵۷
- جدول (۹-۵): توان تولیدی و راندمان سیکل های بازتوانی شده تکفشاره و دوفشاره ۸۳
- جدول (۲-۵): پارامترهای عملکردی سیکل بازتوانی شده تکفشاره در حالتیهای مختلف فعال بودن داکت برنر ۸۴
- جدول (۳-۵): پارامترهای عملکردی سیکل بازتوانی شده دوفشاره در حالتیهای مختلف فعال بودن داکت برنر ۸۴
- جدول (۴-۵): محدوده تغییرات پارامترهای بهینه سازی ۹۰

۹۱

جدول (۵-۵): مقادیر پارامترهای مستقل سیکلهای بازتوانی شده بهینه

۹۲

جدول (۶-۵): نتایج حاصل از تحلیل اگزرژی سیکل های بهینه شده

فهرست نمودارها

- نمودار (۱-۲): راندمان انواع نیروگاهها در ایران در سال ۱۳۸۹ ۱۲
- نمودار (۲-۲): مقایسه تولید برق از انواع نیروگاه ها در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۹. ۱۳
- نمودار (۳-۲): مقدار سوخت مصرفی در نیروگاه ها به تفکیک نوع سوخت طی سال های ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۸۹. ۱۶
- نمودار (۴-۲): راندمان نیروگاه های بخار کشور ۱۷
- نمودار (۱-۳): تاثیر دمای پینچ بر توان تولیدی توربین بخار و سطح حرارتی مورد نیاز ۲۸
- نمودار (۲-۳): تاثیر دمای پینچ بر میزان تولید بخار و هزینه ساخت بویلر ۲۸
- نمودار (۳-۳): تاثیر دمای اپروچ بر نرخ تولید بخار، بازده بویلر بازیاب حرارت و توان توربین بخار ۲۹
- نمودار (۱-۴): دیاگرام T-S سیکل رانکین ۴۲
- نمودار (۱-۵): تلفات اگزرژی اجزای تشکیل دهنده سیکل بازیاب شده تکفشاره ۷۹
- نمودار (۲-۵): حرارت جذب شده توسط سطوح حرارتی بویلر بازیاب حرارت تکفشاره ۷۹
- نمودار (۳-۵): راندمان اگزرژی اجزای تشکیل دهنده سیکل بازیاب شده تکفشاره ۸۰
- نمودار (۴-۵): تغییرات دمای بخار و دود در طول بویلر بازیاب حرارت تکفشاره و حرارت دریافتی توسط بخار ۸۱
- نمودار (۵-۵): تلفات اگزرژی اجزای تشکیل دهنده سیکل بازیاب شده دوفشاره ۸۱
- نمودار (۶-۵): حرارت جذب شده توسط سطوح حرارتی بویلر بازیاب حرارت دوفشاره ۸۲
- نمودار (۷-۵): راندمان اگزرژی اجزای تشکیل دهنده سیکل بازیاب شده دوفشاره ۸۲
- نمودار (۸-۵): تغییرات دمای بخار و دود در طول بویلر بازیاب حرارت دوفشاره و حرارت دریافتی توسط بخار ۸۳
- نمودار (۹-۵): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر بر دمای دود ورودی به بویلر بازیاب حرارت تکفشاره ۸۵
- نمودار (۱۰-۵): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر بر دمای دود ورودی به بویلر بازیاب حرارت دوفشاره ۸۵
- نمودار (۱۱-۵): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر دمای دود خروجی از دودکش بویلر بازیاب حرارت تکفشاره ۸۶
- نمودار (۱۲-۵): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر دمای دود خروجی از دودکش ۸۶

بویلر بازیاب حرارت دوفشاره

- ۸۶ نمودار (۵-۱۳): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر اتلاف انرژی دودکش بویلر بازیاب حرارت تکفشاره
- ۸۶ نمودار (۵-۱۴): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر اتلاف انرژی دودکش بویلر بازیاب حرارت دوفشاره
- ۸۷ نمودار (۵-۱۵): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت تکفشاره
- ۸۷ نمودار (۵-۱۶): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت دوفشاره
- ۸۷ نمودار (۵-۱۷): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان حرارتی سیکل بازتوانی شده تکفشاره
- ۸۷ نمودار (۵-۱۸): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان حرارتی سیکل بازتوانی شده دوفشاره
- ۸۸ نمودار (۵-۱۹): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان انرژی سیکل بازتوانی شده تکفشاره
- ۸۸ نمودار (۵-۲۰): تاثیر میزان دبی سوخت داکت برنر و دبی بخار تولیدی بر راندمان انرژی سیکل بازتوانی شده دوفشاره
- ۸۸ نمودار (۵-۲۱): تاثیر تغییرات دمای محیط بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده تکفشاره
- ۸۸ نمودار (۵-۲۲): تاثیر تغییرات دمای محیط بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده دوفشاره
- ۸۹ نمودار (۵-۲۳): تاثیر نسبت تراکم کمپرسور بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده تکفشاره و راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت تکفشاره
- ۸۹ نمودار (۵-۲۴): تاثیر نسبت تراکم کمپرسور بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده دوفشاره و راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت دوفشاره
- ۸۹ نمودار (۵-۲۵): تاثیر دمای دود ورودی به توربین گاز بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده تکفشاره و راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت تکفشاره
- ۸۹ نمودار (۵-۲۶): تاثیر دمای دود ورودی به توربین گاز بر راندمان های انرژی و حرارتی سیکل بازتوانی شده دوفشاره و راندمان انرژی بویلر بازیاب حرارت دوفشاره

فهرست اشکال

- شکل (۳-۱): سیکل بخار باز توانی شده باروشجعبههواایداغ ۲۲
- شکل (۳-۲): نمایی از سیکل باز توانی به روش پیش گرم کردن آب تغذیه ۲۲
- شکل (۳-۳): سیکل بخار باز توانی شده باروشبویلر کمکی ۲۳
- شکل (۳-۳): نسبت بویلرهای بازیاب حرارت ساخته شده بر اساس نوع بویلر ۲۵
- شکل (۳-۵): بویلر بازیاب افقی (ساخت شرکت Doosan کره جنوبی) ۲۶
- شکل (۳-۶): شماتیک آرایش یک بویلر افقی ۲۶
- شکل (۳-۷): شماتیک اوپراتور نوع D ۳۰
- شکل (۳-۸): شماتیک یک اوپراتور نوع O با جریان یک پاسه و دوپاسه ۳۰
- شکل (۳-۹): شماتیک اوپراتور نوع I ۳۱
- شکل (۳-۱۰): شماتیک یک نوع اوپراتور افقی ۳۱
- شکل (۳-۱۱): دو نوع آرایش عمودی لوله های سوپرهیتر ۳۲
- شکل (۳-۱۲): آرایش افقی لوله های سوپرهیتر ۳۲
- شکل (۳-۱۳): فین های لوله ها (الف: توپر، ب: دنداندار) ۳۳
- شکل (۳-۱۴): آرایش لوله ها (الف: مستطیلی، ب: مثلثی) ۳۴
- شکل (۳-۱۵): آرایش داکت و دودکش و تجهیزات آن در یک بویلر بازیاب حرارت افقی ۳۴
- شکل (۳-۱۶): شماتیک یک نوع هوازدا ۳۶
- شکل (۴-۱): سیکل رانکین ۴۲
- شکل (۴-۲): دیاگرام T-S فعالیت چند نمونه از سیکل های بخار، گازی و ترکیبی سیکل ۴۴
- شکل (۴-۳): آمیختن دو سیکل تحتانی و فوقانی ۴۴
- شکل (۴-۴): شماتیک کلی نیروگاه بخار بعثت تهران ۴۵
- شکل (۴-۵): شماتیک سیکل گازی ۵۰
- شکل (۴-۶): شماتیک سیکل بخار نیروگاه بازیاب توانی شده تکفشاره ۵۱
- شکل (۴-۷): شماتیک سیکل بخار نیروگاه بازیاب توانی شده دوفشاره ۵۱

۵۷	شکل (۴-۸): شماتیک کمپرسور
۵۹	شکل (۴-۹): شماتیک محفظه احتراق
۶۰	شکل (۴-۱۰): شماتیک توربین گاز
۶۸	شکل (۴-۱۱): شماتیک توربین بخار فشار بالا
۶۹	شکل (۴-۱۲): شماتیک توربین بخار فشار متوسط
۶۹	شکل (۴-۱۳): شماتیک توربین بخار فشار پایین
۶۹	شکل (۴-۱۴): شماتیک کندانسور
۷۰	شکل (۴-۱۵): شماتیک پمپ کندانسور
۷۰	شکل (۴-۱۶): شماتیک پمپ فشار پایین
۷۱	شکل (۴-۱۷): شماتیک پمپ فشار بالا
۷۱	شکل (۴-۱۸): شماتیک بویلر بازیاب حرارت
۷۲	شکل (۴-۱۹): شماتیک سیکل بازتوانی شده

فهرست علائم و اختصارات

علائم

C_p	ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت ($\text{KJkg}^{-1} \text{k}^{-1}$)
CRF	فاکتور برگشت سرمایه
C_v	ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت ($\text{KJkg}^{-1} \text{k}^{-1}$)
e	اگرژی مخصوص (KJkg^{-1})
\dot{E}	اگرژی (MW)
\dot{E}^D	انهدام اگرژی (MW)
\dot{E}^L	اتلافات اگرژی (MW)
\dot{E}^w	اگرژی ناشی از کار (MW)
E_l	ضریب اتلافات حرارت
η	راندمان (%)
FA	نسبت سوخت به هوا
γ_f	ضریب درجه اگرژی سوخت
h	آنتالپی مخصوص (KJkg^{-1})
H	ساعات کارکرد نیروگاه (hour)
HR	نرخ حرارت ($\text{KJ.kw}^{-1} \text{.h}^{-1}$)
k_a	نسبت ظرفیت های گرمایی ویژه برای هوا
K_g	نسبت ظرفیت های گرمایی ویژه برای گاز
LHV	ارزش حرارتی پایین سوخت (KJkg^{-1})
\dot{m}	دبی جرمی (Kg.sec^{-1})
P	فشار (bar)
PEC	هزینه خرید تجهیزات (\$)
\dot{Q}	نرخ انتقال حرارت (MW)
r_p	نسبت تراکم فشار
R	ثابت جهانی گازها ($\text{KJkg}^{-1} \text{k}^{-1}$)
r_n	نرخ بهره سالانه
s	آنتروپی مخصوص ($\text{KJ.Kg}^{-1} \text{.k}^{-1}$)
T	دما (K or °C)
TCI	هزینه سرمایه گذاری اولیه کل (\$)
\dot{W}	توان (MW)

W _a	کار واقعی (KJ)
W _s	کار ایده آل (KJ)
Z	هزینه (\$ or \$.kw ⁻¹ .h ⁻¹)

زیر نویس ها

a	هوا
Ac	کمپرسور هوا
Cch	محفظه احتراق
Cond	کندانسور
eco	اکنومایزر
eva	اواپراتور
f	سوخت
fw	آب تغذیه
g	گاز
GT	توربین گاز
HP	فشار بالا
hph	آبگرمکن فشار بالا
IP	فشار متوسط
iph	آبگرمکن فشار متوسط
ise	آیزنتروپیک
LP	فشار پایین
lph	آبگرمکن فشار پایین
mec	مکانیکی
n	تعداد سال
OM	تعمیر و نگهداری
pp	نیروگاه
pre	پیش گرمکن
RC	سیکل بازتوانی شده
St	توربین بخار
sup	فوق گرمکن
sw	آب دریا
t	توربین
th	ترمودینامیکی