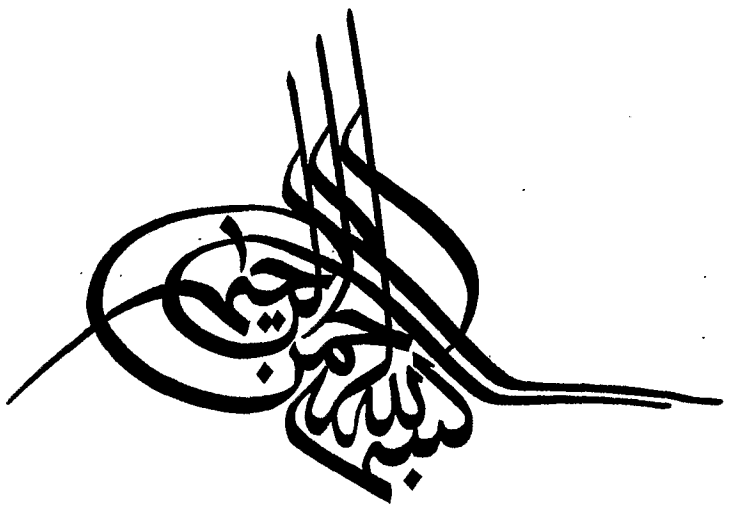

٤٧٢٢٦

دانشگاه تبریز

دانشکده فنی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه :

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک (تبدیل انرژی)

عنوان :

بهینه سازی نیروگاه تولید همزمان توربین گاز

استاد راهنما :

دکتر کاظم سرابچی

استاد مشاور :

دکتر وهاب پیروزپناه

پژوهشگر :

علیرضا انصـاری

تیرماه ۱۳۸۲

۱۳۸۲/۶/۱۰
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

٤٧٢٢٦

با تشکر و قدردانی از

دکتر کاظم سرابچی

دکتر وهاب پیروزپناه

و

کلیه اساتید محترم گروه مکانیک

دانشگاه تبریز

تقدیم به

پدر و مادرم

نام خانوادگی دانشجو : **انصاری** نام : **علیرضا**

عنوان پایان نامه : **بهینه سازی نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز**

استاد راهنما : **دکتر کاظم سرابچی**

استاد مشاور : **دکتر وهاب پیروزپناه**

مقطع تحصیلی : **کارشناسی‌ارشد** رشته : **مهندسی مکانیک** گرایش : **تبدیل انرژی** دانشگاه : **تبریز**

دانشکده : **فنی** تاریخ فارغ التحصیلی : **تیرماه ۱۳۸۲** تعداد صفحه : **۱۵۲**

کلید واژه ها : **تولید همزمان – توربین‌گاز – بهینه‌سازی – بویلر بازیافت گرما – مدت زمان بازگشت سرمایه**

چکیده :

نیروگاه تولید همزمان عبارت است از تولید همزمان انرژی‌های الکتریکی و گرمایی از یک منبع انرژی اولیه . استفاده از سیستم‌های تولید همزمان ضمن اینکه منجر به صرفه‌جویی در مصرف سوخت می‌شود ، اثرات مثبتی نیز از لحاظ کاهش آلاینده‌ها بدنبال دارد. از بین سیستم‌های تولید همزمان ، سیستم تولید همزمان توربین‌گاز بخاطر داشتن برخی ویژگیها مورد توجه زیادی واقع شده و در صنایع و موسسات مختلف بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. در این پایان‌نامه بحث اصلی در مورد سیستم‌های تولید همزمان توربین‌گاز می‌باشد.

با اینکه یک سیستم تولید همزمان می‌تواند از لحاظ کاهش هزینه سوخت مفید باشد ولی اینکه استفاده از چنین سیستمی در مورد بخصوصی از نظر اقتصادی در نهایت مقرون به صرفه خواهد بود یا نه و نیز انتخاب یک سیستم بهینه برای منظور خاص و عوامل موثر در این انتخاب مستلزم بررسی‌های دقیق ترمودینامیکی و اقتصادی و اعمال روشهای بهینه سازی است.

در این پایان‌نامه عملکرد یک نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر عوامل مختلف بر این عملکرد بررسی خواهد شد. آنگاه روشی برای تعیین اندازه بهینه یک سیستم تولید همزمان توربین‌گاز برای تامین نیازهای انرژی‌های الکتریکی و گرمایی یک سایت بخصوص ارائه خواهد شد.

روش پیشنهادی در این پایان نامه برای یکی از صنایع داخلی اعمال شد. در نهایت مشخصات سیستم تولید همزمان بهینه برای این سایت بدست آمد. استفاده از توربین‌گاز Saturn 20 محصول شرکت Solar Turbine با ظرفیت ۱۱۴۰ کیلووات برای این مطالعه موردی مناسب تشخیص داده شد.

عنوان
صفحه

فهرست علائم و اختصارات ..... ه
مقدمه ۱
فصل اول : بررسی منابع و پیشینه پژوهش ۶
۱-۱- مقدمه ۷
۱-۲- تولید همزمان چیست؟ ۷
۱-۳- پیشینه و تاریخچه سیستم‌های تولید همزمان ۱۰
۱-۴- تجربیات تولید همزمان در سطح جهان ۱۲
۱-۵- تحقیقات و برنامه‌های توسعه سیستم‌های تولید همزمان ۱۵
۱-۶- میکروتوربین‌ها : فن‌آوری جدید در بخش تولید همزمان ۱۶
۱-۷- فواید سیستم‌های تولید همزمان ۱۹
۱-۷-۱- صرفه‌جویی در انرژی و هزینه ۲۰
۱-۷-۲- کاهش آلاینده‌های محیط زیست ۲۰
۱-۸- انواع نیروگاههای تولید همزمان ۲۱
۱-۸-۱- نیروگاه تولید همزمان توربین بخار ۲۳
۱-۸-۱-۱- نیروگاه توربین بخار پس فشاری ۲۴
۱-۸-۱-۲- نیروگاه توربین بخار چگالشی ۲۶
۱-۸-۱-۳- سیکل تحتانی نیروگاه توربین بخار ۲۶
۱-۸-۲- نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۲۷
۱-۸-۲-۱- تاثیر شرایط محیط بر روی توان خروجی و بازده توربین‌گاز ۳۰
۱-۸-۳- نیروگاه تولید همزمان موتوررفت و برگشتی ۳۳
۱-۹- بویلر بازیافت گرما ۳۶

فصل دوم : روش تحقیق ۴۱

۲-۱- بررسی ترمودینامیکی نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۴۲

۲-۱-۱- مشخصه‌های عملکردی نیروگاه تولید همزمان ۴۳

۲-۱-۱-۱- بازده کار ۴۳

۲-۱-۱-۲- کار خالص ویژه ۴۴

۲-۱-۱-۳- نسبت گرما به نوان ۴۴

۲-۱-۱-۴- ضریب مصرف انرژی ۴۵

۲-۱-۱-۵- بازده اقتصادی ۴۵

۲-۱-۱-۶- بازده تولید توان ۴۶

۲-۱-۱-۷- نسبت صرفه‌جویی انرژی سوخت ۴۷

۲-۱-۲- توصیف کلی سیکل نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۴۸

۲-۱-۲-۱- تحلیل ترمودینامیکی کمپرسور ۴۹

۲-۱-۲-۲- تحلیل ترمودینامیکی محفظه احتراق ۵۰

۲-۱-۲-۳- محاسبه مقدار هوای لازم برای سرمایش پره توربین ۵۱

۲-۱-۲-۴- تحلیل ترمودینامیکی توربین ۵۳

۲-۱-۲-۵- تحلیل کلی عملکرد سیکل توربین‌گاز ۵۴

۲-۱-۲-۶- تحلیل ترمودینامیکی بویلر بازیافت گرما ۵۴

۲-۲- بررسی اقتصادی نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۵۶

۲-۲-۱- اصول اساسی در محاسبات اقتصادی ۵۷

۲-۲-۱-۱- اصل تاثیر درصد بهره ۵۷

۲-۲-۱-۲- اصل جمع هزینه‌ها در یک مبدا زمانی ۵۷

۲-۲-۲- هزینه‌های نیروگاه تولید همزمان ۵۸

۲-۲-۲-۱- هزینه سرمایه‌گذاری ۵۸

۲-۲-۲-۲- هزینه‌های نرم‌افزاری ۵۹

۲-۲-۲-۳- هزینه‌های کارکردی و تعمیر و نگهداری ۶۱

۲-۲-۳- روشهای مختلف آنالیز مالی ۶۳
۲-۲-۳-۱- روش ارزش فعلی خالص ۶۴
۲-۲-۳-۲- روش نرخ بازگشت سرمایه ۶۷
۲-۲-۳-۳- روش مدت زمان بازگشت سرمایه ۶۷
۲-۲-۴- هزینه تولید برق و مدت زمان بازگشت سرمایه ۶۷
۲-۳- بررسی ترمواکونومیکی نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۷۲
۲-۳-۱- تجزیه و تحلیل نمودارهای مصرف برق و بخار ۷۲
۲-۳-۲- تجزیه و تحلیل ترمودینامیکی نیروگاه تولید همزمان ۷۴
۲-۳-۳- تجزیه و تحلیل ترمواکونومیکی نیروگاه تولید همزمان ۷۵
۲-۳-۴- تشریح برنامه کامپیوتری ۸۰
۲-۳-۵- نتایج بررسی ترمواکونومیکی نیروگاه تولید همزمان (براساس قیمتهای جهانی) ۸۱
۲-۳-۶- نتایج بررسی ترمواکونومیکی نیروگاه تولید همزمان (براساس قیمتهای معمول در ایران) ۸۸
۲-۳-۷- نتایج کلی تحلیل ترمواکونومیکی ۹۴
۲-۴- ارائه روشی برای بهینه‌سازی نیروگاه تولید همزمان توربین‌گاز ۹۶
۲-۴-۱- فرمول‌بندی مسائل بهینه‌سازی ۹۶
۲-۴-۲- تعریف تابع هدف برای بهینه‌سازی نیروگاه تولید همزمان ۹۷
۲-۴-۳- نتایج بهینه‌سازی نیروگاه تولید همزمان ۹۸
۲-۴-۴- نتایج کلی بهینه‌سازی ۱۰۷
۲-۴-۵- پیشنهاد یک سیستم تولید همزمان بهینه برای سایت مورد مطالعه ۱۰۸

فصل سوم : نتایج و بحث ۱۱۰
۳-۱- مطالعه و امکان‌سنجی استفاده از سیستم تولید همزمان در یک کارخانه سرم‌سازی ۱۱۱
۳-۲- بررسی انرژی مصرفی در کارخانه سرم‌سازی شهید قاضی ۱۱۱
۳-۳- نتایج بررسی ترمواکونومیکی سرم‌سازی شهید قاضی ۱۱۵

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۳-۴- نتایج بررسی با روشهای بهینه‌سازی ۱۲۱
۳-۵- پیشنهاد یک سیستم تولید همزمان بهینه برای کارخانه سرم سازی ۱۲۸
۳-۶- بحث و نتیجه‌گیری ۱۲۹
۳-۷- نتایج کلی ۱۳۱
۳-۸- پیشنهادات ۱۳۳

منابع و مراجع ۱۳۴

ضمیمه ۱ : الگوریتم های مورد استفاده ۱۳۷

ضمیمه ۲ : کد کامپیوتری تهیه شده در برنامه MATLAB ۱۴۴

چکیده انگلیسی ۱۵۲

فهرست علائم و اختصارات

A ..... ضریب هوای تئوری

caf ..... هوای لازم برای سرمایش

C ..... هزینه سرمایه‌گذاری ، هزینه

C_p ..... ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت

far ..... نسبت سوخت به هوا

fuf ..... ضریب مصرف انرژی

FESR ..... نسبت صرفه‌جویی انرژی سوخت

h ..... آنتالپی ، مدت زمان بهره‌برداری

$\bar{h}$ ..... آنتالپی مولی

h_f° ..... آنتالپی تشکیل

i ..... نرخ بهره

LHV ..... ارزش حرارتی بالای سوخت

n ..... عمر

m ..... جرم

plf ..... افت توان

pps ..... قیمت فروش برق

ppu ..... قیمت خرید برق از شبکه

P ..... فشار

Q ..... انرژی حرارتی

Q_h ..... بار گرمایی

R ..... درآمد

R_{hp} ..... نسبت گرما به توان

S.F.C ..... مصرف سوخت ویژه

Si ..... هزینه سرمایه‌گذاری ویژه

T ..... دما
T_r ..... دمای روتور
w ..... کار ویژه
W ..... کار خروجی
ΔC ..... هزینه سرمایه گذاری ویژه
ΔM ..... صرفه جویی سالانه
ΔT_{pp} ..... اختلاف دمای نقطه تنگش
η ..... بازده
η_∞ ..... بازده پلی تروپیک
ω ..... رطوبت نسبی
ψ ..... ضریب سالیانه

زیرنویس

a ..... سالانه
b ..... بویلر
c ..... کمپرسور
cc ..... اتاق احتراق
co ..... تولید همزمان
eco ..... اقتصادی
f ..... سوخت
g ..... گازهای خروجی
hb ..... بویلر بازیافت گرما
net ..... خالص
proc ..... فرآیند
r ..... روتور

ایزنتروپیک ، بخار ..... s
توربین ..... t
کار ..... w

مقدمه

مقدمه

در چند دهه گذشته ، ترقی علمی و تکنولوژیکی در کشورهای جهان و ارتقای بهره‌وری در عرصه‌ها و زمینه‌های مختلف ، مهمترین عامل رشد و توسعه اقتصادی بوده است. در طی دهه‌های آینده ، هزینه گونه‌های مختلف انرژی بی‌تردید برای مصارف مختلفی نظیر گرمایش و سرمایش ، روشنایی ، نیروی محرکه در فرآیند تولیدات صنعتی رشد چشمگیری پیدا خواهد کرد و در عرصه رقابت جهانی در راستای تولید هرچه بیشتر ، کشورها ، جوامع و صنایعی موفق‌تر خواهند بود که در این رقابت با تحقیقات و مطالعات همه جانبه موفق به یافتن راهکارهایی جهت جلوگیری از اتلاف در مصرف انرژی شوند[۱].

از طرفی کشور ما بی‌تردید یکی از بزرگترین کشورهای صاحب منابع انرژی ، بویژه سوختهای فسیلی در جهان است و همانطور که تجربه ایران و جهان در طول دهه‌های اخیر این قرن نشان می‌دهد اقتدار سیاسی ، استقلال ملی و شکوفایی فرهنگی هر کشوری تابعی از رشد علمی ، فنی و اقتصادی محسوب می‌شود که در عین حال بستگی مستقیم به عواملی نظیر انرژی و بهره‌وری مطلوب و بهینه از آن دارد[۱].

با رشد روزافزون جمعیت کشور و به تبع آن افزایش تقاضا برای گونه‌های مختلف انرژی و از طرفی محدودیت منابع فسیلی و رشد مصرف انرژی در بخشهای غیرمولد نظیر بخش‌های مسکونی و تجاری که عمده مصارف انرژی را در کشور ما به خود اختصاص می‌دهند و نیز عواملی نظیر رشد اندک تولید ناخالص ملی ، استفاده غیرمنطقی از انرژی ، تخریب محیط زیست و کاهش بهره‌وری انرژی ، اهمیت حفظ و حراست از این منابع را دوچندان کرده است.

با آگاهی نسبت به اهمیت این امر بود که دولت جمهوری اسلامی ایران با تصویب بند (و) تبصره (۱۹) قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی ، اجتماعی و فرهنگی ، حرکت در جهت بهینه سازی مصرف انرژی و گسترش مصرف منطقی منابع انرژی را به صورت وظیفه‌ای برای مسئولان درآورد [۱].

در راستای همین قانون آیین نامه های اجرایی به تصویب رسید که از آن جمله ، طراحی دوره های آموزشی مدیران و کارشناسان واحدهای مدیریت انرژی برای صنایع و موسسات ، تشکیل واحد مدیریت انرژی در صنایع با توان مصرفی بالا ، برگزاری سمینارهای آگاهسازی ، تهیه کتابها و بروشرهای فنی جهت گسترش فرهنگ صحیح مصرف انرژی را ، می‌توان نام برد.

یکی از روشهای مفید جهت کاهش مصرف انرژی ، استفاده از سیستم های تولید همزمان[1] برق و گرما می‌باشد[۲]. امروزه اقتصاد کشورهای پیشرفته بر پایه تولید گرما و توان می‌باشد. غالب مصرف کنندگان ، گرمای مورد نیاز را در بویلرهای با احتراق سوخت فسیلی نصب شده در محل مصرف و برق مورد نیاز را از طریق کابل از یک نیروگاه یا از طریق شبکه برق تامین می‌کنند. هزینه‌های منابع توان و گرما توسط قیمت سوختهای فسیلی در بازار و همچنین بازده تبدیل سوخت به انرژی تعیین می‌شوند. بازده حرارتی تامین گرما از سوخت بوسیله بویلرهای مناسب در حدود ۹۰ ٪ می‌باشد. در صورتی که برق تولید شده از سوختهای فسیلی توسط نیروگاههای دور از نقاط مصرف ، بازده متوسطی در حدود ۴۰ ٪ دارد [۲].

سیستمهای تولید همزمان برق و گرما ، توان و گرمای مصرفی خود را از یک منبع انرژی تامین می‌کنند. نصب چنین سیستم هایی بصورت مجتمع و در مواقعی که گروهی از مصرف کنندگان نزدیک به هم قرار دارند و نیاز زیادی به توان و گرما دارند ، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و بازده کلی تولید انرژی به حدود ۹۰ ٪ می‌رسد [۳].

هم اکنون بیش از ۱۵۰ نیروگاه تولید همزمان در مقیاس بزرگ (بیش از یک مگاوات) در مراکز صنعتی انگلستان نصب شده اند و بالغ بر ۷۵۰ نیروگاه تولید همزمان در مقیاس کوچک نیز وجود دارد. در مجموع ظرفیت نصب شده در حدود ۳۰۰۰ مگاوات توان الکتریکی است. در سال ۱۹۹۳ سهم تولید همزمان بیش از ۱۴۰۰۰ گیگاوات ساعت ، تقریبا ۵ ٪ سهم توان الکتریکی تولیدی

1. Cogeneration