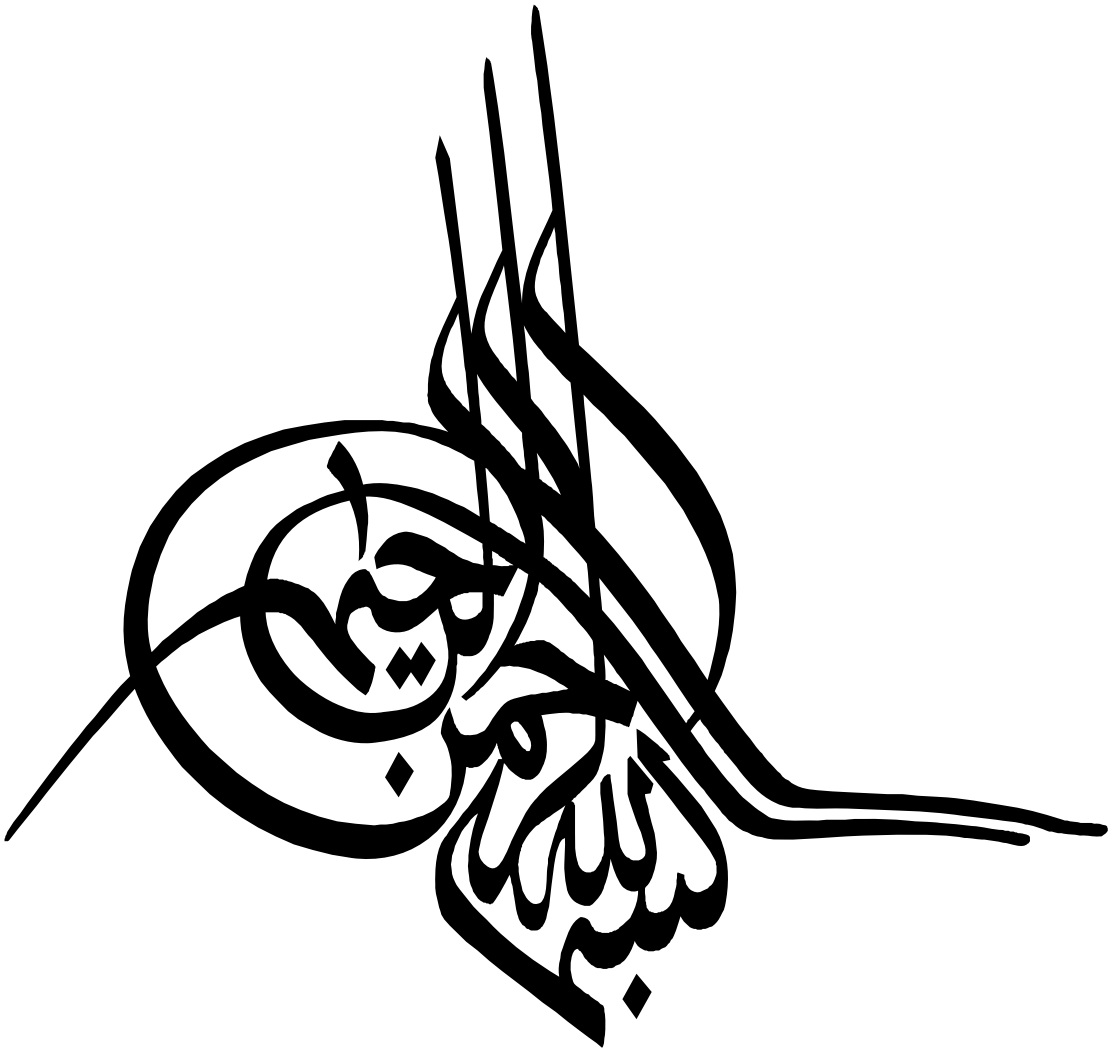

بسم الله الرحمن الرحيم

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

بررسی تلفات اکسرژی و انرژی یک نیروگاه حرارتی در راستای بهینه سازی مصرف انرژی

توسط:

وهب کازرونی

استاد راهنما :

دکتر غلامرضا کریمی

آبان ۱۳۸۸

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب وهب کازرونی (۸۵۴۸۱۶) دانشجوی رشته ی مهندسی شیمی گرایش مهندسی شیمی اظهارمیکنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام . همچنین اظهار میکنم که تحقیق و موضوع پایان نامه ام تکراری نیست و تعهد مینمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم . کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام ونام خانوادگی: وهب کازرونی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۸/۸/۱۴

به نام خدا

بررسی تلفات اکسرژی و انرژی یک نیروگاه حرارتی در راستای بهینه سازی مصرف انرژی

به وسیله ی:

وهب کازرونی

پایان نامه
ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه بعنوان بخشی
از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی شیمی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر غلامرضا کریمی، استادیار بخش مهندسی شیمی(رئیس کمیته) .....

دکتر رضا اسلاملوئیان، استادیار بخش مهندسی شیمی .....

دکتر نصیر مهران بد، استادیار بخش مهندسی شیمی .....

آبان ماه ۱۳۸۸

تقدیم به

مادر مهربان

و

خانواده عزیزم

سپاسگزاری

خدای را سپاس که به من توان انجام این تحقیق را عطا نمود و امیدوارم که در تمامی مراحل زندگی لطف خود را همچنان که تا به امروز بوده شامل حالم نماید.

از زحمات استاد بسیار گرامیم جناب آقای دکتر غلامرضا کریمی و همچنین از اساتید مشاور محترم رساله, جناب آقای دکتر اسلاملوئیان و آقای دکترمهران بد کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

بررسی تلفات اکسرژی و انرژی یک نیروگاه حرارتی در راستای بهینه سازی مصرف انرژی

به وسیله ی:

وهب کازرونی

در این مطالعه بوسیله مدلسازی ریاضی به آنالیز اکسرژی و انرژی سیکلهای توربین گازی پالایشگاه نفت بندرعباس پرداخته شده است. براساس این آنالیز، بیشترین تلفات اکسرژی در این سیکلها به ترتیب در محفظه احتراق، اگزوز توربین، توربین، کمپرسور و سایر اجزا وجود دارد. بررسی اثر پارامترهای ورودی این سیکل(دما و فشار و رطوبت نسبی جریان ورودی به کمپرسور و دمای سوخت) و سایر پارامترهای موثرسیکل بر تلفات اکسرژی نشان میدهد اثر کاهش دمای ورودی به کمپرسور بیشترین تاثیر در کاهش این تلفات را داراست. کاهش تلفات ورودی هوا و افزایش دمای سوخت نیز در بهبود عملکرد سیکل موثر است. با توجه به مطالعات صورت گرفته در این پروژه، جهت تغییر پارامترهای مورد مطالعه در جهت بهبود عملکرد سیکل، راهکارهایی پیشنهاد گردیده است. نتایج این مطالعه نشان میدهد که تبدیل سیکل توربین گازی به سیکل تولید همزمان برق و بخار، کارآیی حرارتی و اکسرژی سیکل را تا میزان بسیار مناسبی افزایش میدهد. کاهش دمای هوای ورودی به کمپرسور در ماههای گرم به کمک چیلر جذبی اثر مناسب تری در مقایسه با سیستم مدیا و فاگ(سیستمهای تبخیری) داشته و افزایش راندمان اکسرژی را در پی دارد. مطابق نتایج این مطالعه تزریق بخار به محفظه احتراق و پیش گرمایش سوخت بوسیله بخار نیز اثر مناسبی در بهبود عملکرد سیکل دارد. همچنین راهکار تزریق آب به هوای خروجی کمپرسور و پیش گرمایش آن بوسیله گازهای خروجی از کمپرسور نیز علیرغم مشکلات صنعتی موجود در اجرای آن مورد تحلیل قرار گرفته است. چگونگی تاثیر این راهکارها بر عملکرد سیکل در حالاتی که بخار مورد نیاز این سیستمها از خارج از سیکل تامین شود و در حالتی که توسط سیکل تامین گردد(سیکل تولید همزمان) بطور جداگانه آنالیز شده است. در نهایت اثرات اقتصادی راهکارهای پیشنهادی نیز مطالعه گردیده و نتایج آن مورد بحث قرار گرفته است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه---------- ۱
۱-۱ مقدمه---------- ۱
۱-۲ نیروگاه گازی---------- ۲
۱-۲-۱ اصول عملکرد یک نیروگاه گازی---------- ۲
۱-۲-۲ اجزای یک نیروگاه گازی---------- ۴
۱-۲-۲-۱ ورودی هوا---------- ۴
۱-۲-۲-۲ کمپرسور---------- ۵
۱-۲-۲-۳ محفظه احتراق---------- ۶
۱-۲-۲-۴ توربین---------- ۶
۱-۲-۲-۱ اگزوز---------- ۷
۱-۳ مفهوم اکسرژی---------- ۷
۱-۴ پیشینه تحقیق---------- ۸
۱-۵ هدف تحقیق---------- ۱۰
۱-۶ روش تحقیق---------- ۱۱
۱-۶-۱ مدلسازی نیروگاه مورد مطالعه---------- ۱۱
۱-۶-۲ بررسی اثر پارامترهای ورودی و شرایط محیطی بر عملکرد سیکل--------- ۱۱
۱-۶-۳ پیشنهاد مدلی مناسب جهت بهبود عملکرد سیکل---------- ۱۲
۱-۶-۴ بررسی راهکارهای مناسب جهت بهبود عملکرد سیکل مورد مطالعه------- ۱۲
فصل دوم: مدلسازی---------- ۱۳
۲-۱ مدلسازی توربین گازی مورد مطالعه---------- ۱۳
۲-۱-۱ مدلسازی کمپرسور---------- ۱۴
۲-۱-۲ مدلسازی محفظه احتراق---------- ۱۶
۲-۱-۳ مدلسازی توربین---------- ۱۸
۲-۱-۴ راندمان اکسرژی سیکل و اجزا---------- ۲۰

عنوان **صفحه**

۲-۲ مشخصات فنی و محیطی نیروگاه مورد مطالعه ---------- ۲۱
۲-۳ بررسی دقت مدلسازی انجام گرفته---------- ۲۲
فصل سوم : بررسی اثر پارامترهای ورودی و موثر ---------- ۲۶
۳-۱ مقدمه ---------- ۲۶
۳-۲ بررسی اثر پارامترها ی---------- ۲۶
۳-۲-۱ اثر دمای هوای ورودی به کمپرسور(دمای محیط)- ---------- ۲۶
۳-۲-۲ اثر فشار هوای ورودی به کمپرسور ---------- ۲۷
۳-۲-۳ اثر رطوبت نسبی هوای ورودی به کمپرسور ---------- ۲۷
۳-۲-۴ اثر فشار سوخت ورودی به محفظه احتراق ---------- ۳۱
۳-۲-۵ اثر دمای سوخت ورودی به محفظه احتراق ---------- ۳۱
۳-۲-۶ اثر دمای هوای ورودی به محفظه احتراق ---------- ۳۳
۳-۲-۷ اثر دمای بخار تزریقی به محفظه احتراق ---------- ۳۳
۳-۲-۸ اثر دبی جرمی بخار تزریقی به محفظه احتراق ---------- ۳۳
۳-۳ بررسی اثر پارامترهای موثر سیکل با نوع سوخت دیزل ---------- ۳۷
۳-۳-۱ اثر دمای و فشار سوخت دیزل ورودی به محفظه احتراق ---------- ۳۷
۳-۴ بررسی اثر پارامترهای تزریق بخار بر انتشار NO_X ---------- ۳۸
۳-۴-۱ اثر دمای بخار تزریقی به محفظه احتراق ---------- ۳۹
۳-۴-۲ اثر دبی جرمی بخار تزریقی به محفظه احتراق ---------- ۳۹
۳-۵ خلاصه نتایج فصل ---------- ۴۰
فصل چهارم : راهکارهای بهبود اثر پارامترها ---------- ۴۲
۴-۱ راهکارهای بهبود اثر پارامترها ---------- ۴۲
۴-۱-۱ خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور ---------- ۴۲
۴-۱-۱-۱ خنک کاری تبخیری ---------- ۴۲
۴-۱-۱-۱-۱ متد خنک کاری مدیا ---------- ۴۴
۴-۱-۱-۱-۲ متد خنک کاری فاگ ---------- ۴۴
۴-۱-۱-۱ خنک کاری به کمک چیلر جذبی---------- ۴۵
۴-۱-۲ بازیابی---------- ۴۵
۴-۱-۳ تزریق آب و بخار---------- ۴۷
۴-۱-۴ گرمایش سوخت ورودی به محفظه احتراق---------- ۴۸

عنوان **صفحه**

۴-۲ ارائه مدلی جامع جهت بهسازی یک سیکل توربین گازی---------- ۴۸
۴-۲-۱ مدلسازی چیلر جذبی ---------- ۵۰
۴-۲-۲ مدلسازی کولر تبخیری ---------- ۵۱
۴-۲-۳ مدلسازی واحد رطوبت زنی ---------- ۵۱
۴-۲-۴ مدلسازی مبدل بازیافت انرژی گازهای خروجی ---------- ۵۳
۴-۲-۵ مدلسازی مولد بخار ---------- ۵۳
۴-۲-۶ کارآیی انرژی و اکسرژی سیکل ---------- ۵۵
۴-۳ آنالیز متدهای بهسازی عملکرد سیکل به کمک مدل حاضر ---------- ۵۵
فصل پنجم : بررسی انرژی، اکسرژی و اقتصادی راهکارهای بهسازی --------- ۵۶
۵-۱ بازیابی انرژی گازهای خروجی به کمک مولد بخار ---------- ۵۶
۵-۲ خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور ---------- ۵۷
۵-۲-۱ خنک کاری تبخیری ---------- ۵۷
۵-۲-۲ خنک کاری به کمک چیلر جذبی ---------- ۵۸
۵-۲-۳ ترکیبی از خنک کاری تبخیری و خنک کاری به کمک چیلر جذبی ------ ۶۲
۵-۳ رطوبت زنی همراه با بازیابی ---------- ۶۳
۵-۳-۱ بازیابی ---------- ۶۴
۵-۳-۲ تزریق آب قبل از مرحله بازیابی ---------- ۶۵
۵-۴ تزریق بخار به محفظه احتراق ---------- ۶۸
۵-۵ پیش گرمایش سوخت ---------- ۶۹
۵-۶ اعمال کلیه تغییرات ممکن جهت بهسازی عملکرد سیکل ---------- ۷۰
۵-۶-۱ حالت اول(تامین بخار از خارج از سیکل) ---------- ۷۰
۵-۶-۲ حالت دوم(تامین بخار توسط سیکل) ---------- ۷۲
۵-۶-۳ بررسی اثر بهسازی در حالات اول و دوم با سیکل حاضر ---------- ۷۲
فصل ششم : آزمایش عملی یکی از متدهای پیشنهادی ---------- ۷۴
فصل هفتم : نتیجه گیری و پیشنهادات---------- ۷۶
فهرست علائم---------- ۸۰
منابع و ماخذ---------- ۸۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱-۱. سهم انواع سوخت مصرفی در نیروگاه های حرارتی ایران ---------- ۲
شکل۱-۲-۱. نمایی شماتیک از عملکرد سیکل برایتون ---------- ۳
شکل۱-۲-۲. نمودار های P-υ و T-S سیکل ایده آل برایتون ---------- ۳
شکل۱-۲-۳. نمایی شماتیک از اجزای یک توربین گازی ---------- ۵
شکل۱-۲-۴. نمایی شماتیک از یک محفظه احتراق ---------- ۶
شکل ۱-۳-۱. یک حجم کنترل در حالت پایدار ---------- ۸
شکل۲-۱-۱. نمایی شماتیک از عملکرد یک کمپرسور ---------- ۱۴
شکل۲-۱-۲. نمایی شماتیک از عملکرد یک محفظه احتراق ---------- ۱۷
شکل۲-۱-۳. انواع خنک کاری پره های توربین ---------- ۱۹
شکل۲-۱-۴. نمایی شماتیک از عملکرد یک توربین ---------- ۱۹
شکل۲-۲-۱. برشی از توربین گازی مورد مطالعه---------- ۲۳
شکل۲-۲-۲. برشی از محفظه احتراق سیکل مورد مطالعه ---------- ۲۴
شکل۲-۲-۳. چگونگی ورود سوخت و آب به محفظه احتراق ---------- ۲۴
شکل۳-۲-۱. اثر دمای هوای ورودی به کمپرسور بر مشخصات اجزا و کل سیکل------ ۲۸
شکل۳-۲-۲. اثر فشار هوای ورودی به کمپرسور بر مشخصات اجزا و کل سیکل ----- ۲۹
شکل۳-۲-۳. اثررطوبت نسبی هوای ورودی به کمپرسور بر مشخصات اجزا و کل سیکل ۳۰
شکل۳-۲-۴. اثرفشار سوخت بر تلفات اکسرژی محفظه احتراق---------- ۳۱
شکل۳-۲-۵. اثردمای سوخت ورودی به محفظه احتراق بر مشخصات اجزا و کل سیکل ۳۲
شکل۳-۲-۶. اثردمای هوای ورودی به محفظه احتراق بر مشخصات اجزا و کل سیکل - ۳۴
شکل۳-۲-۷. اثردمای بخار تزریقی به محفظه احتراق بر مشخصات اجزا و کل سیکل - ۳۵
شکل۳-۲-۸. اثردبی جرمی تزریقی به محفظه احتراق بر مشخصات اجزا و کل سیکل – ۳۶
شکل۳-۳-۱. اثر دمای سوخت دیزل بر مشخصات اجزا و کل سیکل ---------- ۳۸
شکل ۳-۴-۱. اثر دمای بخار تزریقی به محفظه احتراق بر دمای شعله محفظه احتراق - ۳۹
شکل۳-۴-۲. اثر دبی جرمی بخار تزریقی به محفظه احتراق بر انتشار NO_X -------- ۴۰

عنوان **صفحه**

شکل۴-۱-۱. فرآیند خنک کاری تبخیری و خنک کاری به کمک چیلر---------- ۴۳
شکل۴-۱-۲. چگونگی عملکرد خنک کن تبخیری مدیا ---------- ۴۴
شکل۴-۱-۳. چگونگی بازیابی در یک سیکل توربین گازی ---------- ۴۶
شکل۴-۱-۴. نمایی از یک رژنراتور با درام چرخان ---------- ۴۶
شکل۴-۱-۵. نمایی ازعملکرد یک رکوپریتور ---------- ۴۶
شکل۴-۱-۶. رطوبت زنی به کمک متد REVAP ---------- ۴۷
شکل۴-۲-۱. نمایی شماتیک از مدل پیشنهادی ---------- ۴۹
شکل۴-۲-۲. نمایی شماتیک از واحد رطوبت زنی ---------- ۵۲
شکل۴-۲-۳. چگونگی عملکرد یک برج رطوبت زنی ---------- ۵۲
شکل۴-۲-۴. نمایی شماتیک از عملکرد یک مولد بخار تک فشاره ---------- ۵۴
شکل۴-۲-۵. منحنی موازنه انرژی مولد بخار تک فشاره---------- ۵۴
شکل۵-۲-۱. نمایی شماتیک از عملکرد یک چیلر جذبی دو اثره---------- ۶۲
شکل۵-۳-۱. مقایسه اثر رژنراتور و رکوپریتور بر راندمان اکسرژی سیکل---------- ۶۵
شکل۵-۳-۲. اثر درصد هوای بازیابی شده بر سیکل---------- ۶۶
شکل ۵-۳-۳. اثر دبی جرمی آب تزریقی بر عملکرد سیکل---------- ۶۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱-۱ راندمان مرسوم و راندمان اکسرژی اجزا---------- ۲۰
جدول ۲-۳-۱. مقایسه دقت مدل حاضر با داده های میدانی و نرم افزار +ASPEN-- ۲۵
جدول ۲-۳-۲. درصد مولی اجزای موجود در گاز طبیعی در حالت عملکرد مورد بحث- ۲۵
جدول ۲-۳-۳. مشخصات سیکل مورد مطالعه در حالت عملکرد مورد بحث---------- ۲۵
جدول ۳-۳-۱: مشخصات سیکل مورد مطالعه در حالت عملکرد مورد بحث---------- ۳۷
جدول ۳-۴-۱ : مشخصات سیکل مورد مطالعه در حالت عملکرد مورد بحث--------- ۳۸
جدول ۵-۱-۱ : مشخصات مولد بخار شبیه سازی شده---------- ۵۶
جدول ۵-۱-۲. مقایسه سیکل تولید همزمان با سیکل حاضر---------- ۵۷
جدول ۵-۲-۱. مشخصات مورد نیاز جهت طراحی کولر تبخیری---------- ۵۸
جدول ۵-۲-۲. مشخصات کولرهای تبخیری---------- ۵۸
جدول ۵-2-۳. مقایسه سیکل همراه با کولر تبخیری با سیکل حاضر---------- ۵۸
جدول ۵-2-۴. مقایسه سیکل همراه با چیلر با سیکل حاضر(تامین بخار بعهده سیکل)- ۶۰
جدول ۵-2-۵. مقایسه سیکل همراه با چیلر با سیکل حاضر(تامین بخارخارج از سیکل) ۶۰
جدول ۵-۲-۶. مشخصات محاسبه شده چیلر جذبی---------- ۶۰
جدول ۵-۲-۷. اثر سیکل همراه با چیلر با ظرفیت پایین تر---------- ۶۱
جدول ۵-۲-۸. ملاحظات اقتصادی سیکل مورد نظر---------- ۶۱
جدول ۵-۲-۹. مشخصات محاسبه شده چیلر جذبی---------- ۶۲
جدول ۵-۲-۱۰. اثر خنک کاری تبخیری و چیلر جذبی بر عملکرد سیکل---------- ۶۳
جدول ۵-۲-۱۱. ملاحظات اقتصادی سیکل بهسازی شده به کمک خنک کاری ترکیبی ۶۳
جدول ۵-۳-۱. ملاحظات اقتصادی سیکل همراه با بازیاب---------- ۶۸
جدول ۵-۴-۱. اثر تزریق بخار به محفظه احتراق (تامین بخار از خارج از سیکل)------ ۶۹
جدول ۵-۴-۲. اثر تزریق بخار به محفظه احتراق (تامین بخار توسط سیکل)--------- ۶۹
جدول ۵-۵-۱. اثر پیش گرمایش سوخت بر عملکرد سیکل(تامین بخار خارج از سیکل) ۷۰
جدول ۵-۵-۲. اثر پیش گرمایش سوخت بر عملکرد سیکل(تامین بخار توسط سیکل)- ۷۰

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۶-۱. مشخصات محاسبه شده چیلر جذبی، بخار تزریقی و سوخت--------- ۷۱
جدول ۵-۶-۲. ملاحظات اقتصادی سیکل بهسازی شده در حالت اول---------- ۷۱
جدول ۵-۶-۳. ملاحظات اقتصادی سیکل بهسازی شده در حالت دوم---------- ۷۲
جدول ۵-۶-۴. مشخصات عملکردی سیکل در یکی از حالات پایدار---------- ۷۳
جدول ۵-۶-۵. اثر اعمال متدهای بهسازی بر عملکرد سیکل---------- ۷۳
جدول ۶-۱. مشخصات سیکل مورد مطالعه در حالت عملکرد مورد بحث---------- ۷۴
جدول ۶-۲. مشخصات سیکل مورد مطالعه در حالت تزریق بخار(داده های میدانی)--- ۷۵
جدول ۶-۳. پیشبینی اثر تزریق بخار توسط مدلسازی حاضر---------- ۷۵
جدول ۷-۱. رابطه اثر راهکارها بر بهبود راندمان اکسرژی، حرارتی و ملاحظات اقتصادی ۷۹

فصل اول : مقدمه

۱-۱ مقدمه

با توجه به پیشرفت روز افزون تکنولوژی و نقش آن در همه عرصه های زندگی انسان، نیاز به انواع انرژی اهمیت بیشتری می یابد. طبق پیش بینی ها، نیاز جهان به انرژی در سال ۲۰۵۰ میلادی حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیش از نیاز فعلی خواهد بود. از میان انرژی های مورد استفاده، انرژی الکتریکی بیش از سایر انرژی ها مورد نظر می باشد.

اگرچه نزدیک به دو و نیم قرن پیش اولین بار باتری طراحی و ساخته شد و جریان برق در سیمها جاری گردید ولی کاربرد جدی برق از نیمه دوم قرن نوزدهم آغاز گشت. در دهه ۱۸۸۰ادیسون لامپ روشنایی خود را عرضه کرد و در کمتر از دو دهه تاریکی شب از شهرهای آمریکا و اروپا به تدریج رخت بست. این آغازی بر استفاده بشر از انرژی الکتریکی بود و از آن به بعد این نیاز بیشتر و بیشتر شد و بدین صورت این انرژی جزء لاینفک زندگی انسان مدرن گردید[۱].

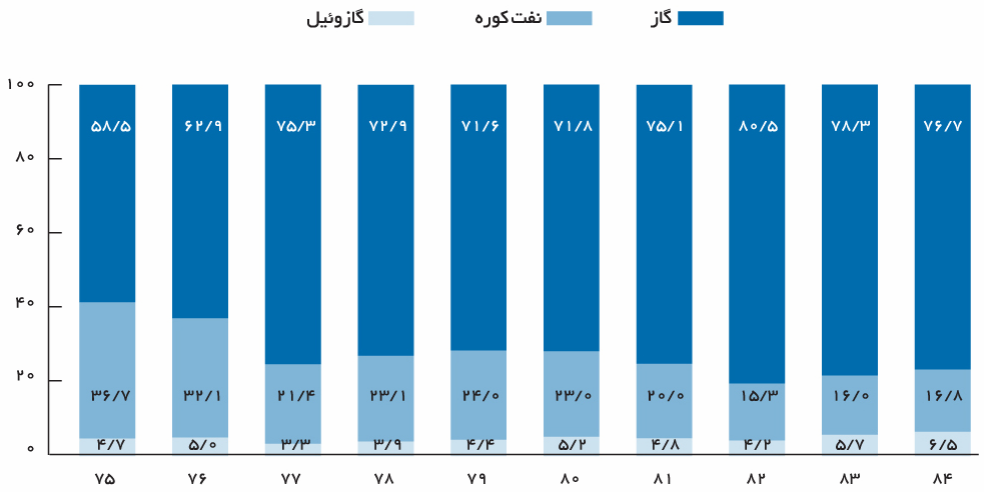
سهم انرژی الکتریکی از کل انرژی از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۰۰۰ از ۲۰ درصد به ۳۸ درصد رسید و پیش بینی می شود در سال ۲۰۵۰ به ۷۰ درصد برسد. انرژی الکتریکی در نیروگاهها تولید می شود. بطور کلی نیروگاه ها را بر اساس منبع انرژی مورد نیازشان به سه گروه زیر تقسیم می کنند.

۱. نیروگاه های حرارتی
۲. نیروگاه های هسته ای
۳. نیروگاه های مبتنی بر انرژی های تجدید پذیر مانند نیروگاههای خورشیدی و بادی و نیروگاه های زمین گرمایی

با توجه به این که بخش اعظمی از انرژی الکتریکی در سطح جهان بوسیله نیروگاه های حرارتی تولید می شود لذا اهمیت بحث در این مورد به خوبی قابل درک است.

منبع انرژی اولیه در نیروگاه ها ی حرارتی سوختهای فسیلی می باشند. در نمودار نشان داده شده در شکل ۱-۱-۱ ، نسبت سوخت های مصرفی در نیروگاههای ایران از سال ۱۳۷۵ الی ۱۳۸۴ به تصویر کشیده شده است.

محدودیت منابع سوختهای فسیلی، افزایش روز افزون قیمت این نوع سوختها و افزایش آلودگیهای گرمایی و زیست محیطی ناشی از مصرف آنها منجر به تلاش همه جانبه ای جهت ارائه راهکارهایی در چگونگی بهینه سازی مصرف انرژی گردیده است.



شکل ۱-۱-۱ . سهم انواع سوخت مصرفی در نیروگاه های حرارتی ایران

۱-۲ نیروگاههای گازی

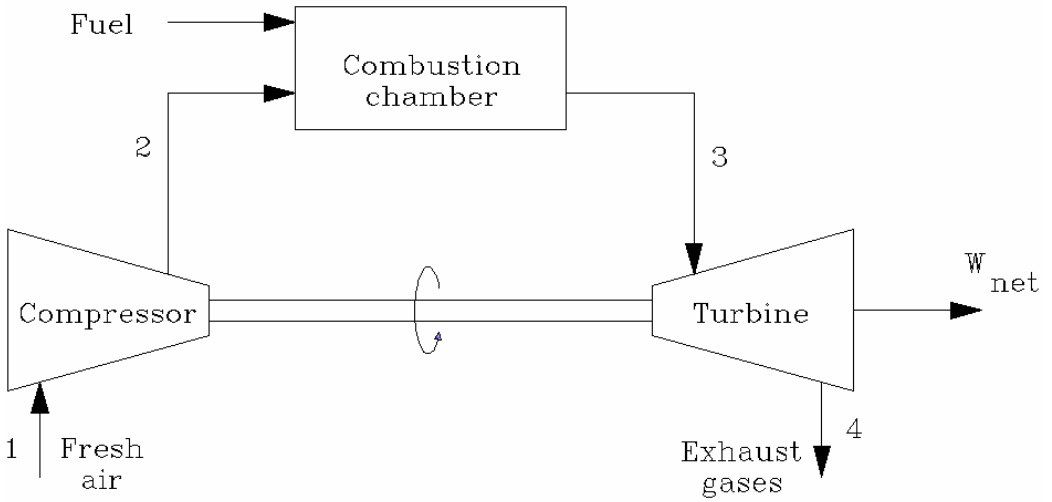
نیروگاه های حرارتی بطور کلی عبارتند از: نیروگاه های توربین بخار، نیروگاه های توربین گازی، نیروگاه های سیکل ترکیبی و نیروگاه های دیزلی. با توجه به این که نیروگاههای گازی هم بصورت مستقل و هم بعنوان واحد بالادستی نیروگاههای سیکل ترکیبی مورد استفاده قرار میگیرند لذا مطالعه این نوع نیروگاهها و بهینه سازی مصرف انرژی در آنها بسیار حائز اهمیت است

۱-۲-۱ اصول عملکرد یک نیروگاه گازی

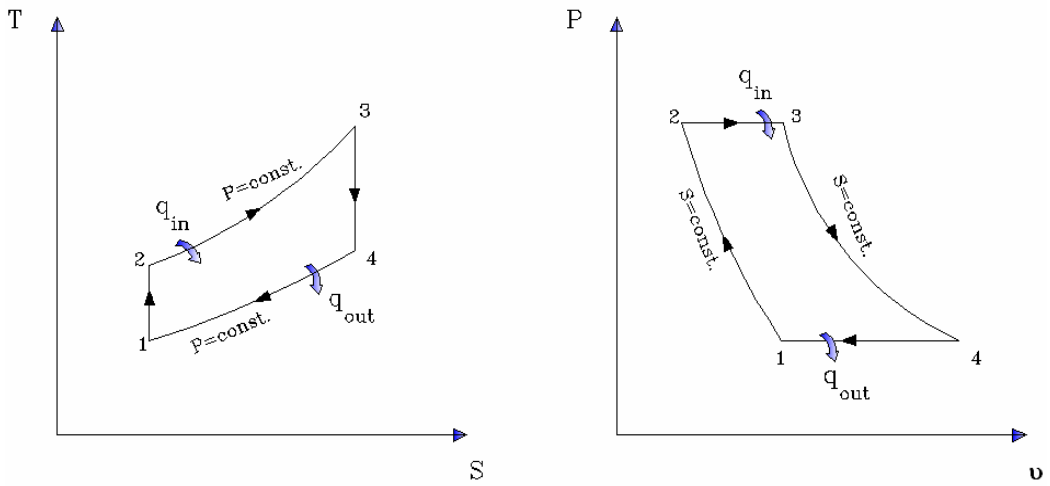
یک نیروگاه توربین گازی بر اساس سیکل برایتون[1] عمل می کند. در شکل ۱-۲-۱ عملکردیک

[1] Brayton cycle

سیکل برایتون بصورت شماتیک نشان داده شده است. در این سیکل هوا وارد کمپرسور شده و بعد از افزایش فشار وارد محفظه احتراق گردیده و با سوخت تزریقی واکنش داده و همراه با افزایش دما وارد توربین میگردد و تولید کار میکند. شکل۱-۲-۲ نمودار های P-υ و T-s سیکل نشان داده شده در شکل۵ را نمایش می دهد. لازم به ذکر است که این سیکل، یک سیکل ایده آل برایتون است.



شکل۱-۲-۱: نمایی شماتیک از عملکرد سیکل برایتون



شکل۱-۲-۲: نمودار های P-υ و T-s سیکل ایده آل برایتون

آنچه در این سیکل رخ می دهد به قرار زیر است.

۱. تراکم آدیاباتیک و برگشت پذیر در کمپرسور ($1 \rightarrow 2$)
۲. دریافت گرما در فشار ثابت ($2 \rightarrow 3$)
۳. انبساط آدیاباتیک و برگشت پذیر در توربین ($3 \rightarrow 4$)
۴. از دست دادن گرما در فشار ثابت ($4 \rightarrow 1$)

هر چند بازده این نیروگاه ها به نسبت نیروگاه های بخار کمتر است ولی آنچه باعث می شود که در حالاتی این نیروگاه ها به نیروگاه های توربین بخار ترجیح داده شود، زمان طولانی بهره برداری، نیاز به مصرف آب و همچنین هزینه اولیه زیاد نیروگاه های بخار می باشد[۲،۳،۴]. از دیگر مزایای توربینهای گازی بالا بودن نسبت توان دریافتی از سیکل به فضای اشغال شده توسط سیکل، زمان کوتاه استارت تا عملکرد عادی سیکل و قابلیت وفق با شرایط مختلف محیطی است. اما مزیت عمده توربنهای گازی این است که پس از رفع محدودیتهای سرمایه ای و زمانی میتوان نسبت به تبدیل این نوع نیروگاه به نوع سیکل ترکیبی اقدام نمود.

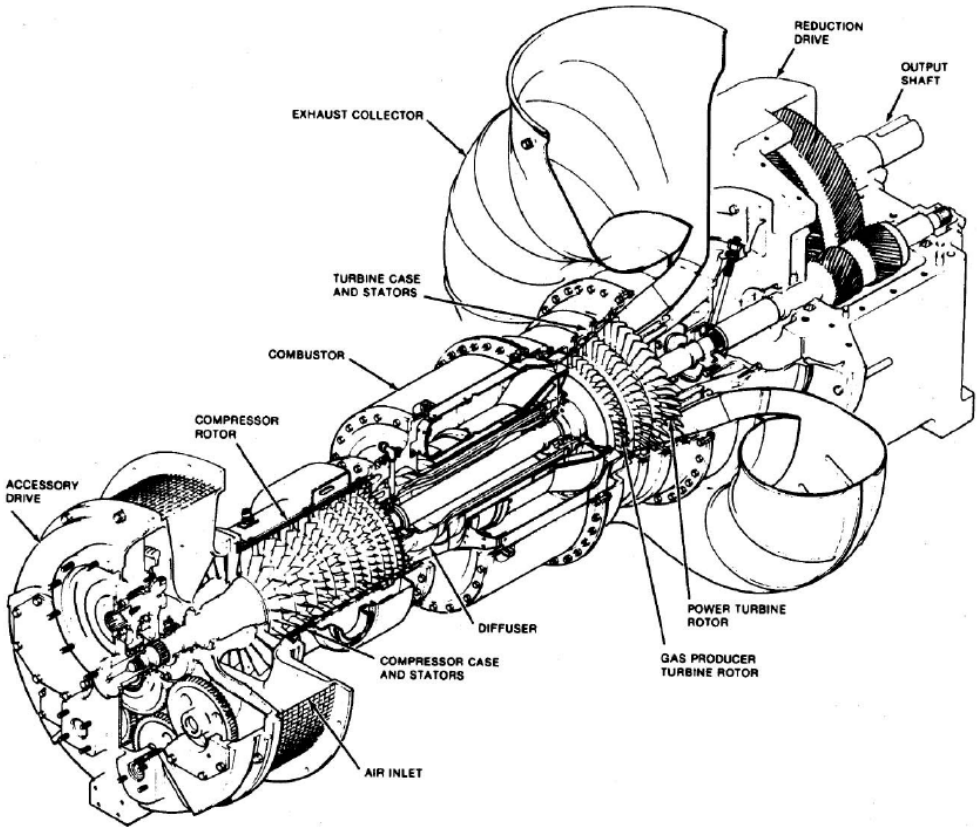
۱-۲-۲ اجزای یک نیروگاه گازی

اجزای اصلی یک نیروگاه گازی عبارت است از: ورودی هوا[۲] ، کمپرسور، محفظه احتراق، توربین و اگزوز، که شرح مختصری از هر جز در ادامه بیان شده است. شکل ۱-۲-۳ نمایی از یک توربین گازی را نمایش میدهد.

۱-۲-۲-۱ ورودی هوا

از آنجاییکه هوای ورودی به کمپرسور باید تمیز باشد لذا جهت جدا کردن ذرات موجود در هوا همچون گرد و خاک احتیاج به عبور این هوا از فیلترهایی بخصوص است. ورودی هوا در حقیقت مجموعه ای از این فیلترهاست که هوا را جهت ورود به سیکل تصفیه میکند. در ابتدای این ورودی از توریهایی با مشهای درشت استفاده میشود که مانع از ورود پرندگان و اجزای بزرگ موجود در هوا شود. فیلترهای مرحله بعد بصورتی هستند که در اثر نیروی گریز از مرکز بعضی از ذرات را از جریان جدا میکنند. در مرحله آخر هم فیلترهای کاغذی یا پارچه ای قرار دارند. با توجه به چگونگی ورودی هوا ، میزان افت فشار در این قسمت متفاوت خواهد بود.

[2] Air intake



شکل۱-۲-۳: نمایی شماتیک از اجزای یک توربین گازی

۱-۲-۲-۲ کمپرسور

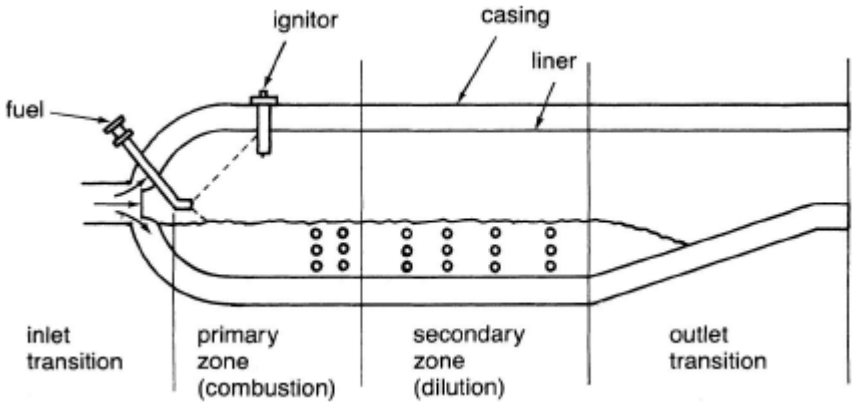
وظیفه کمپرسور مکش هوا و در نهایت فشرده کردن جهت استفاده در مراحل بعدی سیکل است. کمپرسورهای مورد استفاده در سیکلهای توربین گازی، کمپرسورهای محوری[۳] و گریز از مرکز[۴] هستند. از آنجاییکه کمپرسورهای گریز از مرکز در دبی های کم و فشارهای نسبی بالا کاربرد دارند لذا استفاده از این کمپرسورها محدود به توربینهای گازی با ظرفیت کم است و در مقیاس نیروگاه تولید برق کاربرد کمتری دارند. کمپرسورهای محوری معمولا دارای ۶ تا ۱۹ مرحله(مجموع یک ردیف پره متحرک و یک ردیف پره ثابت) جهت فشرده کردن هوا هستند. در ورودی این کمپرسورها یک یا چند ردیف پره ثابت با زاویه متحرک بنام IGV [۵] وجود دارد

[3] Axial compressor
[4] Centrifugal compressor
[5] Inlet Guid Vane

که در جهت بعضی موارد مانند کنترل دمای جریان ورودی به توربین و جلوگیری از پدیده های مخربی چون استال[6] عمل کرده و جریان هوای ورودی به سیکل را تغییر میدهد.

۱-۲-۲-۳ محفظه احتراق

در یک محفظه احتراق، عمل احتراق بر سوخت ورودی انجام گرفته و انرژی حاصل از این احتراق به جریان سیال داده میشود تا وارد مرحله بعد سیکل یعنی توربین گاز گردد. یک محفظه احتراق دارای قسمتهای اصلی همچون نازل، محفظه و مجرای خروجی گازهای حاصل از احتراق است. عمل احتراق و رقیق سازی در محفظه صورت میگیرد و اضافه شدن قسمتی از هوا جهت تعدیل دمای هوای ورودی به توربین در مجرای خروجی صورت میگیرد(شکل ۱-۲-۴).



شکل۱-۲-۴: نمایی شماتیک از یک محفظه احتراق

۱-۲-۲-۴ توربین

انرژی موجود در سیال خروجی از محفظه احتراق در توربین تبدیل به کار محوری میگردد. توربین های مورد استفاده در سیکلهای توربین گازی بصورت شعاعی و یا محوری هستند. از آنجاییکه توربینهای شعاعی فقط در مقیاسهای کوچک کاربرد دارد لذا توربینهای مورد استفاده در نیروگاههای تولید برق در مقیاص صنعتی، توربینهای محوری هستند با ۱ تا ۵ مرحله(مجموعه یک ردیف پره ثابت و متحرک) جهت انبساط گازهای ورودی هستند. از

[6] Stall