۳۸۳۶۸

BT۸۰ /۸/ ۲۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مرکز

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم مرکز

دانشکده مهندسی مکانیک

شبیه سازی رفتار پایدار و گذرای سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار

آرش رهگذر

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

استاد راهنما:

دکتر سپهر صنایع

014513

فروردین ماه ۱۳۸۰

۳۸۳۶۸

تقدیم به

همسر ارجمندم

که مظهر صبر است و استوره محبت

و سپهر عزیزم

که گرمابخش زندگی ماست.

چکیده — شبیه سازی رفتار پایدار و گذرای سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار

طبق آمار موجود و با توجه به رشد چشم گیر مصرف برق نیاز به طراحی و ساخت نیروگاه های جدید امری ضروری است. علاوه بر آن راندمان پایین بسیاری از نیروگاه های موجود در کشور، ضرورت مطالعات گسترده تر در زمینه طراحی و بهینه سازی عملکرد نیروگاه ها را نمایان تر می سازد. در همین راستا در این پروژه یک برنامه شبیه ساز کامپیوتری تهیه شده است که قادر می باشد عملکرد نیروگاه بخار را، که سهم عمده ای از توان تولید انرژی در کشور را به خود اختصاص داده است، در شرایط مختلف تحلیل و پیش بینی نماید.

اصولاً این برنامه به عنوان یک ابزار مطالعاتی می تواند در زمینه های مختلف، از جمله بررسی فرایندهای بهینه ساز عملکرد سیکل رانکین، مانند بازیافت حرارتی و بازگرمایش بخار و یا پیش بینی رفتار گذرای نیروگاه در شرایط ناپایدار گسترش یافته و بکار رود. در این پروژه در ادامه تهیه این برنامه شبیه ساز، به بررسی علل بروز ناپایداری در عملکرد ترمودینامیکی نیروگاه بخار پرداخته و رفتار دینامیکی اجزای نیروگاه در برابر این اغتشاشات مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در واقع منشاء این ناپایداری به تغییرات بار در شبکه مصرف باز می گردد. تطبیق نیروگاه با این تغییرات که معمولاً با تغییر وضعیت کنترل ولو صورت می گیرد، ناپایداری را به سیکل ترمودینامیکی نیروگاه تحمیل می کند. در این سیکل نیز هسته اصلی ناپایداری در بویلر شکل گرفته و متعاقباً به سایر اجزاء نیروگاه سرایت می کند. در واقع هدف این برنامه نیز پیش بینی همین تغییرات در نقاط مختلف سیکل نیروگاه است.

با سپاس از

استاد گرامی جناب آقای دکتر صنایع

که این پروژه نتیجه راهنمائیهای ارزشمند ایشان می باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	
۱-۱- تاریخچه صنعت برق در ایران	۲
۱-۲- مقدمه	۴
۱-۳- هدف از انجام پروژه	۶
فصل دوم : نیروگاه بخار	
۲-۱- سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار	۱۲
۲-۲- اجزای تشکیل دهنده بویلر	۱۸
۲-۲-۱- چرخش در دیگهای بخار	۲۳
۲-۳- تاثیر پارامترهای عملکردی بر راندمان سیکل	۲۹
۲-۳-۱- شرایط بخار ورودی به توربین	۲۹
۲-۳-۲- شرایط عملکردی کندانسور	۳۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۲- بهینه سازی عملکرد ترمودینامیکی سیکل نیروگاه بخار ۳۳

۱-۴-۲- فراگرم کردن بخار اصلی ۳۳

۲-۴-۲- بازگرمایش بخار ۳۴

۳-۴-۲- بازیابی حرارتی ۳۷

فصل سوم : شبیه سازی رفتار پایدار سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار

۱-۳- اهمیت شبیه سازی استاتیکی نیروگاه بخار ۵۲

۲-۳- نرم افزار ویژوال بیسیک ۵۶

۳-۳- پارامترهای عملکردی ۶۴

۴-۳- جداول ترمودینامیکی ۶۸

۵-۳- برنامه شبیه ساز نیروگاه بخار (SPPS) ۷۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل چهارم : شبیه سازی رفتار گذرای سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار

۴-۱- علل ناپایداری در نیروگاههای بخار ۸۲

۴-۱-۱- منحنی مصرف ۸۴

۴-۱-۲- تعادل داخلی و خارجی نیروگاه ۸۷

۴-۲- مدلسازی دینامیکی سیکل ترمودینامیکی نیروگاه بخار ۹۰

۴-۲-۱- رفتار دینامیکی اجزای نیروگاه بخار ۹۳

۴-۲-۲- حل معادلات دینامیکی ۹۹

فصل پنجم : نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری ۱۱۰

۵-۲- پیشنهادات ۱۱۳

فهرست جداول و شکل ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ : وضعیت تولید نیرو در نیروگاههای ایران در ۱۳ سال گذشته ۵

شکل ۱-۲ :سیکل رانکین ۱۲

شکل ۲-۲ : شمای کلی از یک بویلر ۲۰

شکل ۳-۲ : مدار ساده گردش طبیعی در دیگ بخار ۲۴

شکل ۴-۲ : تغییرات میزان گردش در دیگ بخار بر حسب مقدار بخار تولید شده ۲۶

شکل ۵-۲ : تاثیر افزایش دمای بخار ورودی به توربین ۲۹

شکل ۶-۲ : تاثیر کاهش فشار عملکرد کندانسور ۳۲

شکل ۷-۲ : اثر فراگرم کردن بخار اصلی در عملکرد سیکل ۳۴

شکل ۸-۲ : اثر بازگرمایش بخار در عملکرد سیکل ۳۶

شکل ۹-۲ : محدوده مجاز فشار بازگرمایش ۳۷

شکل ۱۰-۲ : تاثیر بازیافت حرارتی در عملکرد سیکل رانکین ۴۲

شکل ۱۱-۲ : گرمکن آب تغذیه بسته ۴۴

شکل ۱۲-۲ : چگونگی بهبود نرخ حرارتی بر حسب تعداد گرمکن ۵۰

فهرست جداول و شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۳ : فرم اصلی برنامه SPPS ۷۵

شکل ۲-۳ : فرم ورودی اطلاعات بویلر ۷۵

شکل ۳-۳ : فرم نتایج محاسبات در توربین ۷۴

شکل ۴-۳ : فرم مشخص کننده عملکرد کلی نیروگاه ۷۷

شکل ۵-۳ : سیکل ترمودینامیکی نیروگاه منتظر قائم ۷۸

شکل ۶-۳ : نتایج تحلیل ترمودینامیکی سیکل نیروگاه منتظر قائم ۸۰

شکل ۱-۴ : منحنی مصرف در یک دوره تناوب ۸۵

شکل ۲-۴ : ارتباط واحد تولید قدرت با شبکه سراسری ۸۹

شکل ۳-۴ : مدل عملکردی بویلر ۹۲

شکل ۴-۴ : منحنی تغییرات فشار بخار در خروجی بویلر ۱۰۴

شکل ۵-۴ : منحنی تغییرات دمای بخار در خروجی بویلر ۱۰۴

شکل ۶-۴ : منحنی تغییرات دبی بخار خروجی از درام بویلر ۱۰۵

شکل ۷-۴ : منحنی تغییرات فشار بخار در درام بویلر ۱۰۵

فهرست جداول و شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۸-۴ : منحنی تغییرات توان تولید شده در توربین فشار میانی (توربین سوم) ۱۰۶

شکل ۹-۴ : منحنی تغییرات توان تولید شده در توربین پر فشار (توربین اول) ۱۰۷

شکل ۱۰-۴ : منحنی تغییرات توان تولید شده کل در توربینها ۱۰۷

شکل ۱۱-۴ : کنترل فشار و سطح آب درام ضمن افزایش ۲۰٪ در دبی خروجی ۱۰۸

فصل اول

مقدمه

بسم الله الرحمن الرحیم

۱-۱- تاریخچه صنعت برق در ایران

تاریخچه شکل گیری صنعت برق در ایران در سال ۱۲۸۳ هجری شمسی با بهره برداری از یک مولد ۴۰۰ KW که توسط یکی از تجار ایرانی بنام حاج امین الضرب تهیه و در خیابان چراغ برق تهران (امیرکبیر فعلی) نصب گردید، آغاز می شود. که این موسسه تحت نام دایره روشنایی ایران اداره می شد. در سال ۱۳۱۶ ه.ش. موسسه برق تهران که بعداً به اداره کل برق تهران تغییر نام یافت، زیر نظر شهرداری بهره برداری از نیروگاه ۶۰۰۰ KW اشکودا را به عهده گرفت. به دنبال آن در سال ۱۳۲۷ ه.ش. بهره برداری از یک نیروگاه ۸۰۰۰ KW نیز آغاز شد. در سال ۱۳۳۲ ه.ش. دو واحد دیزل ۲ MW و در اردیبهشت سال ۱۳۳۵ ه.ش. یک واحد دیزل ۱,۹ MW و در اسفند همان سال یک دیزل یک مگاواتی دیگر مورد بهره برداری قرار گرفت و در مرداد ماه سال ۱۳۳۸ ه.ش. نیروگاه طرشت با چهار واحد توربین بخار هر یک به قدرت ۱۲,۵ MW شروع بکار کرد. بطوریکه در پایان سال ۱۳۳۸ ه.ش. ظرفیت مولدهای نصب شده در تهران به ۷۸,۳ مگاوات رسید. در سال ۱۳۴۱ ه.ش. بمنظور تشکیل شرکتهای برق ناحیه ای جهت تولید و توزیع برق، سازمانی بنام سازمان برق ایران ایجاد شد. پس از تشکیل وزارت آب و برق در سال ۱۳۴۳ ه.ش. سازمان

مذکور ابتدا به صورت سازمانی وابسته و سپس در سال ۱۳۴۴ ه.ش. به صورت معاونت واحد برق در وزارت مذکور ادغام گردید. وزارت آب و برق نیز از سال ۱۳۵۳ ه.ش. به وزارت نیرو تغییر نام داد.

نکته قابل توجه در اینجا سرعت رشد تعداد مصرف کنندگان برق و میزان برق مصرفی (خانگی، تجاری و صنعتی) طی سالهای اخیر در کشور می باشد، که علیرغم افزایش نسبتاً سریع توان تولید برق در کشور کمبود در این زمینه همچنان احساس می شود. از طرف دیگر ویژگیهای تکنولوژی مدرن امروز ناخودآگاه مصرف کننده را به مصرف بیشتر ترقیب می کند. این امر لزوم احداث نیروگاه های جدید در کشور و همچنین بهینه سازی عملکرد این نیروگاه ها را یادآور می شود. در کنار آن کاهش مصرف سوخت، کاهش میزان آلاینده های محیطی و افزایش عمر مفید اجزای نیروگاه و به طور کلی کنترل بهینه عملکرد نیروگاه نیز از نکات قابل توجهی هستند که امروزه جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده اند. همانطور که مشاهده می شود دامنه فعالیت در زمینه نیروگاه بسیار گسترده و پهناور است، که این مطالعات در جهات مختلف قابل رشد و استفاده خواهند بود. اما یکی از مهمترین ارکان مطالعاتی در زمینه نیروگاه ها بدون شک بررسی رفتار ترمودینامیکی آنها بوده که این مطالعات در دو جنبه بررسی رفتار پایدار (استاتیکی) و رفتار گذرا (دینامیکی) سیکل ترمودینامیکی نیروگاه های مختلف انجام می شود. اصولاً در بررسی رفتار پایدار نیروگاه ها نحوه آرایش اجزاء نیروگاه، شرایط بهینه عملکردی از نظر فشار، دما، دبی و ... و در بررسی رفتار گذرای نیروگاه ها عکس العمل اجزاء در برابر تغییر بار و همچنین مسائل کنترلی از جمله کنترل سطح آب در درام مورد بررسی قرار می گیرند.

۲-۱- مقدمه

به طور کلی می توان نیروگاه های موجود را در هشت گروه نیروگاه های اتمی، خورشیدی، آبی، بادی، دیزلی، گازی، بخاری و ترکیبی دسته بندی نمود. نیروگاه های اتمی از تکنولوژی ساخت و بهره برداری بسیار پیچیده ای برخوردارند و مسائل حفاظتی و زیست محیطی شدیدی را می طلبند. امروزه این نیروگاه ها با توجه به امتیازات ارزشمندی که دارند مورد توجه بسیاری از کشورها قرار گرفته اند، اما در کشور ما هنوز نتوانسته اند سهمی از تولید انرژی را به خود اختصاص دهند. نیروگاه های خورشیدی، آبی و بادی شرایط اقلیمی خاصی را می طلبند، ولی غالباً از لحاظ بهره برداری کم هزینه و از لحاظ زیست محیطی بسیار مناسب می باشند. نکته قابل توجه این است که در حال حاضر تنها کمتر از ۷٪ از توان تولید انرژی الکتریکی در کشور به نیروگاه های آبی اختصاص دارد، و این در حالی است که در سال ۱۳۶۶ سهم این نیروگاه ها به مرز ۲۰٪ می رسید. نیروگاه های دیزلی نیز علیرغم اینکه از سیستم ساده ای برخوردارند، با توجه به سوخت نسبتاً گران، نیاز به روغنکاری بالاو محدودیت در تولید توان معمولاً به عنوان سیستمهای کمکی مورد استفاده قرار می گیرند. نیروگاه های گازی معمولاً به صورت ترکیبی با نیروگاه های بخاری استفاده می شود، تا با استفاده از انرژی قابل توجه گازهای خروجی ازتوربین بازده سیکل افزایش یابد. نیروگاه های بخاری در واقع بزرگترین تولید کننده در صنعت برق کشور محسوب می شوند. شاید بزرگترین مشکل این نیروگاه ها تعداد المانهای زیاد و در نتیجه هزینه تعمیر و نگهداری بالای آنها باشد. در هر حال همانطور که در آمار ارائه شده وزارت نیرو نیز