



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

مدلسازی و شناسایی توربین نیروگاه نکا و تحلیل و توسعه سیستم کنترلی آن

توسط:

سید علی سلامتی

استاد راهنما:

حمیدرضا تقی راد

استاد مشاور:

علی چائی بخش لنگرودی

تابستان ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاییدیه هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:

مدلسازی و شناسایی توربین نیروگاه نکا و تحلیل و توسعه سیستم کنترلی آن

توسط آقای سید علی سلامتی، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق گرایش کنترل در تاریخ ۱۳۹۰/۴/۲۹ مورد تایید قرار می دهند.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| ۱- استاد راهنما | جناب آقای دکتر حمیدرضا تقی راد |
| ۲- استاد مشاور | جناب آقای دکتر علی چایی بخش |
| ۳- ممتحن داخلی | جناب آقای دکتر علی خاکی صدیق |
| ۴- ممتحن خارجی | جناب آقای دکتر محمد حسین شفیعی |
| ۵- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده | جناب آقای دکتر حمیدرضا تقی راد |

تقدیم

تقدیم به پدر و مادر عزیزم کہ هموارہ مشوق و پشتیبان من بوده اند و برادر گلم، مهندس محمود خان وزیر، کہ با نظرات ارزنده علمی روشن گرانہ و مبتکرانہ خویش، هموارہ یار و یاور این جانب بوده اند.

تشر و قدردانی

بر خود، قویا لازم می دانم از زحمات و راهنمایی های دلسوزانه و پدرانہ جناب آقای دکتر تقی راد که در تمام مراحل انجام این پروژه، پشتیبان اینجانب بوده اند و با محبت ها و رهنمود های ارزشمند خود، فصلی جدید را در زندگی من گشودند، صمیمانه و از صمیم قلب تشکر کنم. همچنین از زحمات و راهنماییهای جناب آقای دکتر چائی بخش لنگرودی که با پیگیری های خستگی ناپذیر، زمینه انجام این پژوهش را فراهم کردند، صمیمانه تشکر می کنم.

چکیده

در این پایان نامه ابتدا، یک مدل دقیق و غیرخطی برای توربین نیروگاه نکا با استفاده از داده ها و مدارک فنی این نیروگاه، ارائه شده است. در این پایان نامه استفاده از ساختار کنترل هماهنگ، به منظور افزایش بازدهی آن پیشنهاد شده است. سپس در ادامه با انجام عملیات شناسایی، مدل سیستم در بارهای مختلف به دست آمد. سپس با تعیین حد بالای نامعینی و انتخاب تابع وزنی مناسب برای عملکرد سیستم، یک کنترل کننده مقاوم برای سیستم طراحی و به مدل غیر خطی توربین اعمال شده است. با توجه به نامعینی سیستم، پاسخ در این حالت به اندازه کافی مناسب نبوده و از دقت کافی برخوردار نمی باشد. در مرحله بعدی، با استفاده از ساختار فیدبک موازی، حلقه سیستم توربین بخار با یک کنترل کننده PI بسته شده است که این امر باعث کاهش نامعینی سیستم تا حد زیادی می شود، سپس در حلقه خارجی یک کنترل کننده مقاوم برای سیستم توربین بخار طراحی شده است. نتایج شبیه سازی عملکرد بسیار خوب سیستم حلقه بسته با این کنترل کننده را در ردیابی مناسب، سرعت بالا و از بین رفتن نوسانات نشان می دهد.

کلید واژه: کنترل مقاوم، کنترل توربین، توربین بخار، نیروگاه نکا

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
تقدیم.....	د.....
تشکر و قدردانی	ه.....
چکیده.....	و.....
فهرست مطالب	۷.....
فهرست جدول‌ها	۱۰.....
فهرست شکل‌ها.....	۱۱.....
فهرست علایم و نشانه‌ها.....	۱۴.....
۱- مقدمه	۱۵.....
۱-۱- انگیزه	۱۵.....
۲-۱- مروری بر کارهای انجام شده.....	۱۵.....
۳-۱- تعریف مساله	۱۷.....
۴-۱- آرایش پایان نامه	۱۷.....
۲- کنترل نیروگاه های بخار	۱۹.....
۱-۲- سیکل نیروگاه بخار.....	۱۹.....
۲-۲- توربین بخار	۲۳.....
۱-۲-۲- توربین فشار بالا و متوسط	۲۳.....
۲-۲-۲- توربین فشار پایین	۲۵.....
۳-۲-۲- سیستم بخار زیرکش	۲۶.....
۴-۲-۲- کندانسور.....	۲۸.....
۳-۲- سیستم های کنترل بار	۲۹.....
۱-۳-۲- کنترل کننده تابع بویلر	۳۰.....
۲-۳-۲- کنترل کننده جامع هماهنگ.....	۳۱.....
۳-۳-۲- کنترل کننده تابع توربین	۳۱.....

۳۲	کنترل کننده های مهم بویلر	۴-۲
۳۲	کنترل سوخت بویلر	۲-۴-۱
۳۴	کنترل فشار کوره	۲-۴-۲
۳۴	کنترل فوق گرم	۲-۴-۳
۳۶	کنترل آب تغذیه ورودی	۲-۴-۴
۳۷	سیستم کنترل کننده توربین	۲-۵
۳۸	سیستم گاورنر	۲-۵-۱
۴۱	جمع بندی و نتیجه گیری	۲-۶
۴۳	مدل سازی توربین بخار نیروگاه نکا	۳-
۴۴	توربین فشار بالا	۳-۱
۴۶	توربین فشار متوسط و فشار پایین	۳-۲
۵۲	جمع بندی و نتیجه گیری	۳-۳
۵۳	طراحی کنترل کننده	۴-
۵۳	مقدمه	۴-۱
۵۳	طراحی کنترل کننده مقاوم	۴-۲
۵۳	محدودیت های طراحی کنترل کننده مقاوم	۴-۲-۱
۵۵	پایداری مقاوم	۴-۲-۲
۵۶	پیاده سازی مساله عمومی کنترل	۴-۲-۳
۵۷	مساله حساسیت مخلوط	۴-۲-۴
۵۹	طراحی کنترل کننده مقاوم برای توربین بخار نیروگاه نکا	۴-۳
۵۹	شناسایی سیستم غیرخطی و تعیین نامعینی مدل	۴-۳-۱
۶۴	طراحی کنترل کننده مقاوم	۴-۳-۲
۷۱	طراحی کنترل کننده مقاوم با ایده فیدبک موازی	۴-۳-۳
۸۱	جمع بندی و نتیجه گیری	۴-۴
۸۲	نتیجه گیری	۵-
۸۲	جمع بندی و نتیجه گیری	۵-۱

۸۲	..... دستاوردها	۲-۵
۸۳	..... مطالعات بعدی	۳-۵
۸۵	..... پیوست الف: روابط محاسبه فشار و دمای اشباع	
۸۶	..... پیوست ب: روابط مربوط به محاسبه آنتالپی و آنتروپی در فاز گاز و مایع	
۸۷	..... پیوست پ: کنترل بار واحد	
۹۰	..... پیوست ت: مشخصات توربین و ژنراتور نیروگاه نکا	
۹۵	..... واژه نامه فارسی به انگلیسی	
۹۹	..... واژه نامه انگلیسی به فارسی	
۱۰۳	..... مراجع	

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۴	جدول ۱-۲: مشخصات توربین فشار بالا.....
۲۷	جدول ۲-۲: فشار و دمای سیستم بخار زیرکش های فشار پایین در بارهای مختلف
۲۸	جدول ۳-۲: فشار و دمای سیستم بخار زیرکش های فشار بالا در بارهای مختلف
۴۳	جدول ۱-۳: پارامترهای بهینه‌سازی مدل توربین با الگوریتم ژنتیک.....
۴۸	جدول ۲-۳: شرایط بخار در طبقات مختلف توربین.....
۴۹	جدول ۳-۳: توابع تبدیل فشار و دبی بخار در هر طبقه از توربین.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۹	شکل ۱-۲: سیکل نوعی یک نیروگاه بخار.....
۲۰	شکل ۲-۲: تبدیل انرژی در نیروگاه بخار.....
۲۱	شکل ۳-۲: نمودار دما-انتروپی در سیکل ایده آل رانکین.....
۲۲	شکل ۴-۲: بخش‌های مختلف نیروگاه با بازگرمایش مجدد.....
۲۲	شکل ۵-۲: نمودار درجه حرارت - انتروپی سیکل رانکین مربوط به نیروگاه با بازگرمایش مجدد.....
۲۳	شکل ۶-۲: نمای کلی توربین فشار بالا.....
۲۴	شکل ۷-۲: تغییرات فشار بر حسب سرعت در مرحله کورتیس.....
۲۵	شکل ۸-۲: تغییرات فشار بر حسب سرعت در مرحله ریتاو.....
۲۶	شکل ۹-۲: توربین فشار پایین.....
۲۶	شکل ۱۰-۲: تغییرات فشار بر حسب سرعت در توربین فشار پایین.....
۲۷	شکل ۱۱-۲: سیستم زیرکش توربین.....
۲۹	شکل ۱۲-۲: کندانسور اصلی.....
۳۰	شکل ۱۳-۲: ساختار تابع بویلر.....
۳۲	شکل ۱۴-۲: ساختار کنترل جامع هماهنگ.....
۳۲	شکل ۱۵-۲: ساختار کنترل تابع توربین.....
۳۳	شکل ۱۶-۲: بلوک دیاگرام کنترل کننده احتراق.....
۳۵	شکل ۱۷-۲: بلوک دیاگرام کنترل کننده فشار کوره.....
۳۶	شکل ۱۸-۲: بلوک دیاگرام کنترل کننده فوق گرم.....
۳۷	شکل ۱۹-۲: بلوک دیاگرام کنترل کننده آب تغذیه ورودی.....
۳۸	شکل ۲۰-۲: بلوک دیاگرام یک گاورنر نوعی.....
۴۰	شکل ۲۱-۲: بلوک دیاگرام ساده شده برای حالت کنترل توان.....
۴۰	شکل ۲۲-۲: مشخصه توان-فرکانس.....
۴۰	شکل ۲۳-۲: تنظیم توان و سرعت واحد.....

- شکل ۲-۲۴: بلوک دیاگرام ساده شده برای حالت کنترل سرعت ۴۱
- شکل ۳-۱: مدل توربین فشار بالا ۴۶
- شکل ۳-۲: مدل توربین فشار متوسط و فشار پایین با مراحل زیرکش ۵۱
- شکل ۳-۳: مجموعه توربین نیروگاه نکا ۵۱
- شکل ۳-۴: مقایسه پاسخ سیستم واقعی و مدل پیشنهادی ۵۲
- شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام یک سیستم در حالت کلی ۵۴
- شکل ۴-۲: پیکربندی عمومی ۵۶
- شکل ۴-۳: پیکربندی مساله حساسیت مخلوط T/S ۵۹
- شکل ۴-۴: پاسخ فرکانسی سیستم حلقه باز توربین در بارهای مختلف ۶۰
- شکل ۴-۵: مقایسه پاسخ حلقه باز سیستم در بار ۶۰٪ و مدل شناسایی شده برای آن ۶۱
- شکل ۴-۶: اندازه پاسخ فرکانسی سیستم حلقه باز توربین در بارهای مختلف ۶۲
- شکل ۴-۷: بلوک دیاگرام سیستم با در نظر گرفتن نامعینی ضربی ۶۲
- شکل ۴-۸: رسم تابع $\left| \frac{P(j\omega)}{P_0(j\omega)} - 1 \right|$ به ازای فرکانس های مختلف و تعیین حد بالای نامعینی ۶۳
- شکل ۴-۹: بلوک دیاگرام سیستم واقعی با در نظر گرفتن نامعینی ضربی ۶۴
- شکل ۴-۱۰: بلوک دیاگرام سیستم در حوزه H_∞ ۶۶
- شکل ۴-۱۱: مقادیر دامنه $|WT|$ ۶۶
- شکل ۴-۱۲: مقادیر دامنه $|W_s S|$ ۶۷
- شکل ۴-۱۳: توابع حساسیت و مکمل حساسیت ۶۷
- شکل ۴-۱۴: نمودار سیگما ۶۸
- شکل ۴-۱۵: بلوک دیاگرام سیستم توربین و کنترلر مقاوم ۶۸
- شکل ۴-۱۶: پاسخ پله سیستم حلقه بسته به ازای ۵۰ مدل نامعین از سیستم ۶۹
- شکل ۴-۱۷: اندازه کنترل کننده در حوزه فرکانس ۶۹
- شکل ۴-۱۸: پاسخ سیستم توربین با استفاده از کنترل کننده مقاوم طراحی شده ۷۰
- شکل ۴-۱۹: منحنی تلاش کنترلی برای کنترل کننده مقاوم طراحی شده ۷۰
- شکل ۴-۲۰: منحنی μ ۷۱
- شکل ۴-۲۱: بلوک دیاگرام یک سیستم حلقه باز ۷۱

- شکل ۲۲-۴: ساختار کنترل فیدبک موازی..... ۷۲
- شکل ۲۳-۴: پاسخ فرکانسی سیستم در بارهای مختلف پس از بستن فیدبک..... ۷۳
- شکل ۲۴-۴: تغییرات سیستم پس از بستن حلقه فیدبک $\left| \frac{P(jw)}{P_0(jw)} - 1 \right|$ ۷۳
- شکل ۲۵-۴: مقادیر اندازه $|WT|$ ۷۵
- شکل ۲۶-۴: مقادیر اندازه $|W_s T|$ ۷۵
- شکل ۲۷-۴: توابع حساسیت و مکمل حساسیت..... ۷۶
- شکل ۲۸-۴: نمودار سیگما..... ۷۷
- شکل ۲۹-۴: پاسخ پله سیستم به ازای ۱۰۰ مدل نامعین..... ۷۷
- شکل ۳۰-۴: اندازه کنترل کننده در حوزه فرکانس..... ۷۸
- شکل ۳۱-۴: مقایسه پاسخ پله سیستم حلقه بسته با استفاده از کنترل کننده پیشنهادی و کنترل کننده کلاسیک PI..... ۷۸
- شکل ۳۲-۴: مقایسه پاسخ سیستم حلقه بسته با استفاده از کنترل کننده پیشنهادی و کنترل کننده کلاسیک PI..... ۷۹
- شکل ۳۳-۴: مقدار تلاش کنترلی برای کنترل کننده مقاوم با ایده فیدبک موازی..... ۸۰
- شکل ۳۴-۴: مقایسه تلاش کنترلی کنترل کننده پیشنهادی و کنترل کننده کلاسیک PI..... ۸۰
- شکل ۳۵-۴: پاسخ سیستم حلقه بسته در برابر اغتشاش بار به میزان ۱. پریونیت..... ۸۱

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
توان خروجی	MW
ورودی اغتشاش خارجی	d
تابع حساسیت	S
تابع مکمل حساسیت	T

۱- مقدمه

۱-۱- انگیزه

افزایش روز افزون مصرف انرژی الکتریکی، توسعه شبکه‌های برق، افزایش نیاز به امنیت تولید، ایجاد شرایط رقابتی در بازار فروش و همچنین نیاز به مدیریت بهینه تولید توان و انرژی در جهت کاهش مصرف سوخت و هزینه‌های تولید همراه با کاهش آلاینده‌های زیست محیطی سبب شده است که تلاش برای استفاده از روش‌های کنترل پیشرفته و کارآمد در صنعت تولید برق هرچه گسترده‌تر گردد. طراحی و ساخت تجهیزات جدید نیروگاهی همراه با سیستم‌های کنترلی پیشرفته، امکان بهبود عملکرد استراتژی‌های کنترلی موجود و افزایش کارایی فرآیندهای تولید برق را فراهم آورده است.

در این میان، کنترل دقیق توربین یک واحد نیروگاهی تاثیر بسیار زیادی بر روی بازدهی آن و پایداری شبکه دارد، از آن جا که فعالیت‌های تحقیقاتی گسترده‌ای، بر روی قسمت‌های مختلف مجموعه بویلر انجام شده است و همچنین طراحی کنترل کننده‌های پیشرفته توربین، بیشتر برای توربین‌های گازی انجام شده است، و با توجه به تعداد بسیار زیاد توربین‌های بخار بزرگ در کشور که پتانسیل مانورهای بسیار و شرکت در تنظیم فرکانس شبکه را دارند، مدلسازی و کنترل پیشرفته این نوع توربین‌ها، ارزش و اهمیت فوق العاده‌ای دارد.

۱-۲- مروری بر کارهای انجام شده

با پیشرفت دانش کنترلی، روش‌های متفاوتی برای حل مساله کنترل سیستم‌های نیروگاهی ارائه شده است. از میان این روش‌ها، استفاده از کنترلرهای کلاسیک سابقه‌ای بسیار طولانی دارد. به علت سادگی، سهولت تنظیم، نصب آسان و هزینه پایین، این سیستم‌ها از جایگاه ویژه‌ای در صنعت برخوردار هستند. با این وجود، با افزایش نیاز به توان بیشتر و بخاطر بزرگتر و پیچیده تر شدن سیستم‌های نیروگاهی، کم‌کم از اهمیت و کاربرد روش‌های کنترل کلاسیک در این صنعت کاسته شده، روش‌های کنترلی پیشرفته‌تر در حال جانشین شدن می‌باشند. در طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰، روش‌ها و تئوری‌های گوناگونی در زمینه روش‌های کنترل مدرن ارائه گردید به طوری که در این سالها، بخش زیادی از تحقیقات متوجه استفاده از این روش‌ها در کاربردهای نیروگاهی آن شد. از میان این روش‌ها می‌توان به روش‌های کنترلی بهینه LQR، مقاوم^۱ و مدل‌پیش‌بین اشاره نمود که در طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰، بیشترین حجم تحقیقات را به خود اختصاص داده‌اند[۱].

در اوایل دهه ۱۹۷۰، با ارائه روش‌های کنترل بهینه، توجه بسیاری از سازندگان و محققان به استفاده از این تئوری‌ها برای سیستم‌های نیروگاهی جلب شد [۲-۳]. در اوایل دهه ۱۹۸۰، شرکت صنایع سنگین هیتاچی^۲، این روش

¹ Robust control

² Hitachi heavy industries

را به صورت عملی بر روی یک واحد نیروگاهی پیاده‌سازی کرد [۴-۵]. با وجود عملکرد خوب این سیستم‌ها، به علت وجود مشکلات در تهیه مدل دقیق خطی سیستم‌های نیروگاهی و همچنین گرایش به استفاده از روش‌های مطمئن‌تر، روش LQR در سیستم‌های نیروگاهی کمتر مورد توجه قرار گرفت.

از اوایل دهه ۱۹۸۰، با ظهور روش طراحی کنترلر مقاوم و روش‌های بستن حلقه مقاوم که معمولاً بر اساس بهینه‌سازی H_∞ و تحلیل μ انجام می‌شود، استفاده از این روش در سیستم‌های نیروگاهی متداول گردیده است [۶-۷]. روش کنترلر مقاوم، روشی برای کنترل نیروگاه‌های پیشرفته است که توسط شرکت‌های بزرگ سازنده‌ای تجهیزات کنترلی همچون ABB، زیمنس و جنرال الکتریک^۱ تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش کنترلی بخصوص برای توربین‌های گاز و سیکل‌های ترکیبی بیش از توربین‌های بخار مورد استفاده قرار گرفته است. [۸-۹].

کنترل تطبیقی^۲، روش دیگری بود که در این دوران (دهه ۸۰ میلادی) مورد توجه فراوان قرار گرفت [۱۰-۱۲]. در نیمه دوم دهه ۱۹۸۰، ورود رقبای بسیار جدی همانند کنترلر مقاوم و فازی که در مقابل نامعینی‌های مدل و تغییر شرایط عملکردی حساس نبودند و همچنین وجود هزینه‌های مربوط به نحوه محاسبه و عملکرد این کنترلرها، عرصه را بر روش کنترل تطبیقی تنگ‌تر نمودند.

اگرچه تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور زاده بیان گردید، اما سالها گذشت تا این قواعد به شکل امروزی آن در کنترل فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. اولین استفاده از کنترلر فازی به عنوان سیستم کنترلی یک واحد نیروگاهی به سالهای ۱۹۷۴ و ۱۹۷۵ باز می‌گردد. مددانی و اسیلیان، با استفاده از تجربه اپراتور خبره، یک کنترلر فازی برای یک نمونه آزمایشگاهی موتور بخار تهیه و فشار بخار و سرعت رتور را با استفاده از تنظیم حرارت ورودی و باز و بسته کردن دریچه خروجی توسط دسته‌ای از قوانین کلامی^۳ تعیین نمودند [۱۳-۱۴]. امروزه روش ارائه شده توسط مددانی، برای بخش‌های مختلف نیروگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله کاربردهای ویژه کنترل فازی استفاده از آن به عنوان سیستم‌های نظارتی است که از اوایل دهه ۱۹۹۰ بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱۵-۱۶]. علاوه بر این، سیستم‌های منطق فازی با توجه به ساختارشان این قابلیت را دارند که در برنامه‌ریزی هوشمند بهره، مورد استفاده قرار گیرند [۱۷-۱۸].

با ظهور سیستم‌های کنترل گسترده DCS^۴ در اوایل دهه ۱۹۷۰، بسیاری از سیستم‌های کنترلی نیروگاه‌ها به این نوع سیستم کنترلی مجهز شدند. بکارگیری مدول‌های کنترلی PC-Based در ساختارهای DCS و همچنین ظهور فن‌آوری فیلدباس^۵ در اواسط دهه ۱۹۹۰، این امکان را فراهم آمده است تا بسیاری روش‌های کنترلی مدرن ارائه شده، برای سیستم‌های نیروگاهی قابل پیاده‌سازی باشند. با توجه به ساختارهای جدید، مدول‌های محاسبه‌گر کنترلرهای

¹ General Electric Co.

² Adaptive control

³ Linguistic rules

⁴ Distributed control system

⁵ Fieldbus

همانند مقاوم، فازی و... توسط شرکت‌های سازنده تجهیزات نیروگاهی ارائه شده‌اند که بر روی این نوع سیستم قابل نصب می‌باشند.

۱-۳- تعریف مساله

نیروگاه شهید سلیمی نکا با توان 4×440 مگاوات در اواخر دهه ۷۰ توسط شرکت بابکوک^۱ ساخته شده است. با گذشت ۲۵ سال از زمان ساخت این نیروگاه و فرسوده شدن تجهیزات آن، رفتار دینامیکی و پارامترهای آن دچار تغییرات فراوانی شده است به گونه‌ای که سیستم کنترلی آن قادر به کنترل مطلوب آن نیست. در اطلاعات بدست آمده از بویلر نیز نوسانات شدیدی در سیستم مشاهده می‌شود که نشان دهنده عدم تنظیم کنترل کننده های آن است. نکته قابل توجه این است که تضعیف سیستم کنترل نیروگاه باعث کاهش توان تولیدی، تریپ مکرر بخشهای مختلف، آسیب اجزای آن و در نتیجه کوتاه شدن دوره تعمیرات و... شده است.

اهداف این تحقیق بر پایه توسعه و ارتقا روش‌های موجود در زمینه مدلسازی و کنترل توربین نیروگاه‌های بخار تدوین شده است. دستیابی به این هدف، در گرو بررسی رفتار و دینامیک بخش‌های مختلف توربین نیروگاه بخار، تحلیل نحوه عملکرد زیرمجموعه‌ها و شناسایی مناسب آنها است. در گام دوم، انتخاب ساختار و استراتژی کنترلی مختلف، بررسی امکان‌پذیری، طراحی سیستم کنترل مناسب و ارزیابی تاثیر آن بر روی بازدهی آن باید انجام شود. اهداف مورد انتظار از این پایان نامه، ارائه ساختار کنترلی جدید و طراحی یک کنترل کننده پیشرفته برای مدل دقیق و غیر خطی توربین بخار نیروگاه می باشد.

۱-۴- آرایش پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل تدوین شده است. در فصل اول، در ابتدا تاریخچه فعالیت‌های انجام شده در زمینه کنترل سیستم‌های نیروگاهی از گذشته تا به حال به صورت خلاصه ارائه شده است. در بخش انتهایی این فصل، به تعریف مساله و موضوع رساله حاضر، که ارائه روش‌های پیشرفته کنترلی است پرداخته‌ایم. در فصل دوم، در ابتدا سیکل کلی نیروگاه به طور بسیار خلاصه بیان شده است، سپس عملکرد کلی قسمت های مختلف توربین نیروگاه نکا توضیح داده شده است و در بخش بعدی سیستم های مختلف کنترل توربین-بویلر معرفی شده اند و سپس کنترل های مهم مربوط به بویلر معرفی شده و در آخر سیستم کنترل توربین، تشریح شده است. در فصل سوم، مدل غیر خطی برای قسمت های مختلف توربین بخار نکا بر اساس روابط ترمودینامیکی ارائه شده است. در فصل چهارم، ابتدا مقدماتی درباره لزوم کنترل مقاوم و محدودیت های طراحی آن و پیاده سازی مساله کنترل مقاوم و روش حل آن آمده است و سپس در ادامه مدل غیرخطی توربین، مورد شناسایی قرار گرفته و پس از تعیین حد بالای نامعینی یک کنترل کننده مقاوم برای توربین بخار طراحی و به سیستم غیرخطی اعمال شد. در بخش بعدی، به منظور کاهش نامعینی، سیستم توربین با یک

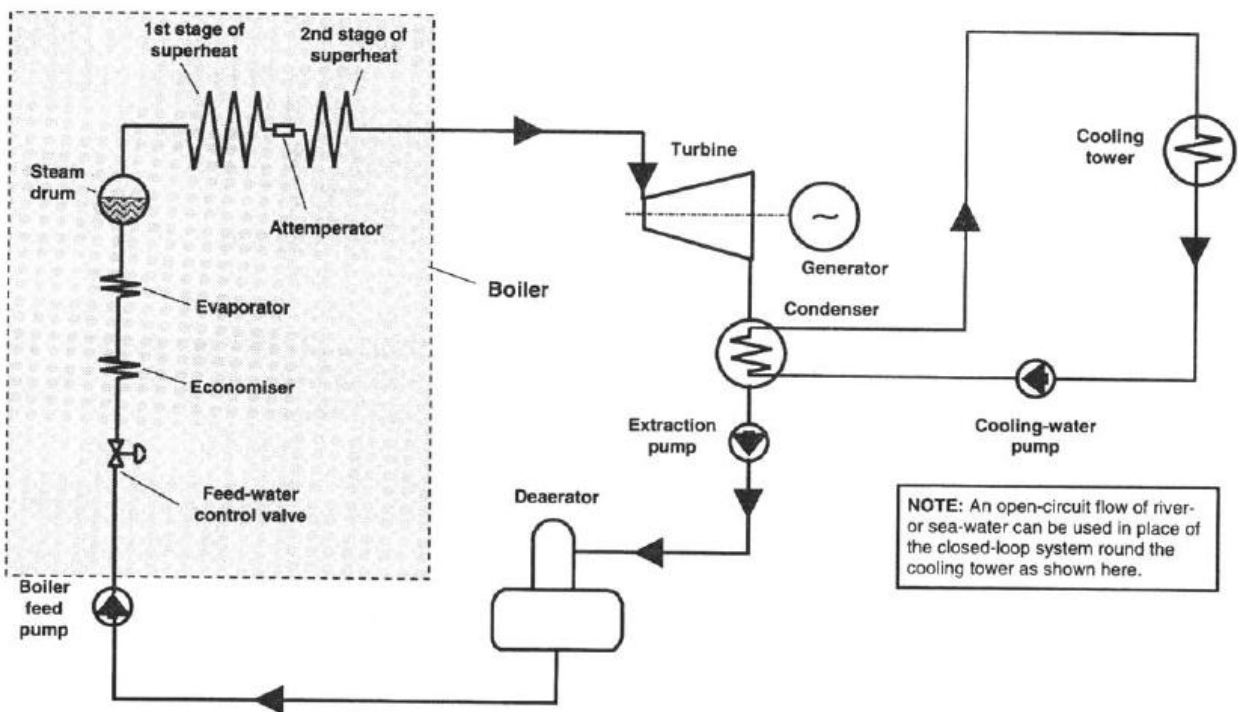
¹ Babcock

کنترل کننده PI بسته شده و یک کنترل کننده مقاوم جدید برای آن طراحی شد. در فصل پنجم، خلاصه‌ای از فعالیت‌های انجام شده، دستاوردهای این پایان نامه و در پایان، پیشنهاداتی برای انجام تحقیقات در آینده ارائه شده است.

۲- کنترل نیروگاه های بخار

۲-۱- سیکل نیروگاه بخار

یک سیکل نوعی برای نیروگاه بخار در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. برای تولید انرژی الکتریکی توسط یک واحد بخار، مطابق شکل ۲-۲ فرآیندهای تبدیل انرژی متعددی وجود دارد. انرژی شیمیایی سوخت توسط فرآیند احتراق به انرژی حرارتی تبدیل می شود. این انرژی حرارتی در بویلر به حامل آب منتقل شده و آن را به بخار تبدیل می کند. این بخار با انرژی زیاد در توربین ها، انرژی خود را آزاد کرده و به انرژی مکانیکی و حرکت دورانی توربینها تبدیل می گردد. سرانجام این انرژی مکانیکی توسط ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می شود [۱۹].



شکل ۱-۲: سیکل نوعی یک نیروگاه بخار

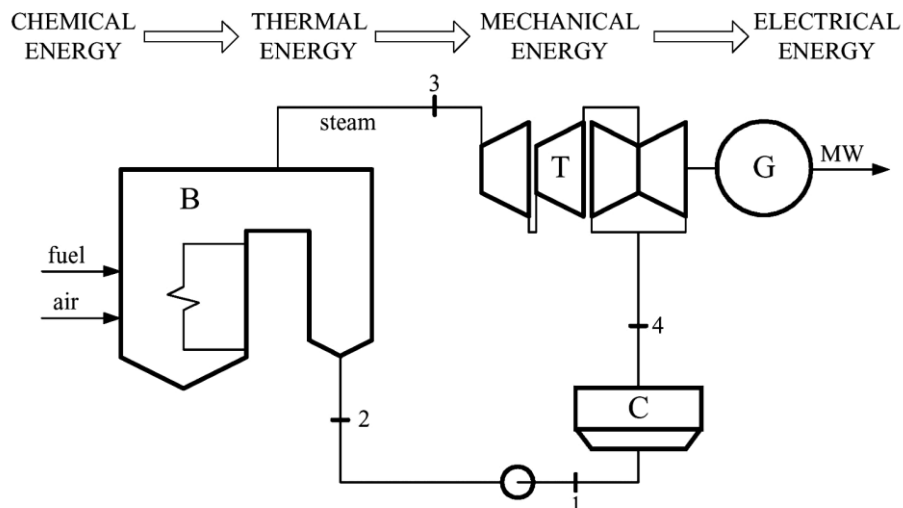


Figure 2.1 Simple fossil fuel power unit.
 B = Steam generator (Boiler), T = Steam turbine set
 G = Electric generator, C = Condenser.

شکل ۲-۲: تبدیل انرژی در نیروگاه بخار

انرژی حرارتی در بخشهای مختلف نیروگاه اثرات متفاوت و فرآیندهای ترمودینامیکی مختلفی را موجب می شود. ارتباط ترمودینامیکی در اجزای مختلف نیروگاههای بخار در حالت ایده آل توسط سیکل رانکین^۱ مانند شکل ۲-۳ بیان می گردد. این سیکل شامل چهار فرآیند زیر است.

- فرآیند پمپ کردن آدیاباتیکی^۲ و ایزنتروپیک^۳ (برگشت پذیر) در پمپ (۱-۲)
- فرآیند انتقال حرارت فشار ثابت در دیگ بخار (۲-۳)
- فرآیند انبساط آدیاباتیکی بازگشت پذیر در توربین (یا سایر محرکها از قبیل توربوپمپ) (۳-۴)
- فرآیند انتقال حرارت فشار ثابت در چگالنده

¹ Rankine
² Adiabatic
³ Isentropic