دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

عنوان پایان نامه:

وضعیت سنجی توربین گازی
SULZER Gas Turbine Type3 D4
و امکان طراحی سیستم عیب یابی برای آن

علی سالارمرادی

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک - گرایش طراحی کاربردی

استاد راهنما:
دکتر مجید معاونیان

خرداد ماه ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَعَلَى اللَّهِ فَلْيَتَوَكَّلِ الْمُتَوَكِّلُونَ

تأییدیه

گواهی می شود که این پایان نامه تاکنون برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده است و تمامی مطالب آن به جز مواردی که نام مرجع آورده شده است، نتیجه کار پژوهشی دانشجو می باشد.

دانشجو: علی سالارمرادی امضاء تاریخ

استاد راهنما: دکتر مجید معاونیان امضاء تاریخ

تأییدیه گروه مکانیک

پایان نامه حاضر تحت عنوان:

وضعیت سنجی توربین گازی SULZER Gas Turbine Type3 D4 و امکان طراحی سیستم عیب یابی برای آن

که توسط آقای **علی سالارمرادی** تهیه و به هیات داوران ارائه شده، به عنوان کار پژوهشی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته مهندسی مکانیک در گرایش طراحی کاربردی مورد تایید شورای تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد می باشد.

تاریخ دفاع	نمره	درجه ارزشیابی

اعضای هیات داوران

نام و نام خانوادگی	سمت	امضاء
دکتر مجید معاونیان	استاد راهنما	
دکتر علی اکبر اکبری	استاد دفاع	
دکتر علیرضا اکبرزاده	استاد دفاع	
دکتر	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که با محبت ها و حمایت های
همیشگی خود مرا یاری کرده اند.

تشکر و سپاسگزاری

حال که به لطف و یاری خداوند متعال نگارش این پایان نامه به سرانجام رسیده است بر خود لازم می دانم از زحمات، راهنمایی‌ها و حمایت‌های راه گشای استاد ارجمندم جناب آقای دکتر مجید معاونیان در انجام این پروژه کمال قدردانی و امتنان را به عمل آورم. اینجانب در طول دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد مطالب ارزشمند زیادی را از ایشان آموخته و همواره خود را مدیون درس های علمی و توصیه های اخلاقی ایشان می‌دانم.

انجام این پروژه بدون راهنمایی‌ها و نظرات علمی دوست خوبم پوریا نعیمی میسر نبود. از ایشان بابت همکاری در انجام بخش‌های مختلف پروژه تشکر می‌کنم. همچنین بر خود لازم می‌دانم از دوستان و همکاران عزیزم آقایان فریدون خسرویان همامی، آرش پور عباس مفرد، محسن تاجیکی، محمود گنجوی و سایر پرسنل نیروگاه پارسیان جزیره ی لاوان بابت همکاری صمیمانه ی ایشان در انجام آزمایش ها قدردانی نمایم.

چکیده

امروزه نگهداشت نرخ تولید نفت و گاز در مناطق عملیاتی به خصوص میادین مشترک، اولویت اول وزارت نفت می باشد. برای جلوگیری از توقف های ناخواسته در تولید و به دنبال آن اجتناب از ضررهای اقتصادی ناشی از کاهش تولید، عیب یابی و پایش تجهیزات دوار به منظور آگاهی از سلامت کارکرد سیستم و همچنین پیش بینی رخداد مشکلات احتمالی در آینده، امری حیاتی جلوه می نماید. مهم ترین این تجهیزات، توربین ها هستند که وظیفه ی اصلی تولید انرژی برق را بر عهده دارند. پژوهش پیش رو به دنبال تحقیق در پارامترهای فرآیندی سیستم در مواقع وقوع عیب در سیستم تامین هوا و همچنین سیستم تامین سوخت می باشد، زیرا این دو عیب نقشی اساسی در بروز پدیده ی موج زدن[1] دارند.

در همین راستا در گام نخست به بررسی اجمالی توربین های گاز، معرفی و شناسایی توربین گازی مستقر در نیروگاه پارسیان جزیره ی لاوان و توضیح عیوب شاخص و مهم آن ها می پردازیم. سپس ابزار دقیق دستگاه و عملکرد سنسورهای موجود در آن و سیستم کنترل آنالوگ و دیجیتال را به تفصیل مورد بررسی قرار می دهیم. در گام بعدی به تشریح روند آزمایش ایجاد عیوب مهم مربوط به پره های راهنمای هوای ورودی[2] (IGV) و سیستم سوخت رسانی محفظه ی احتراق پرداخته، نتایج حالت معیوب را با حالت سالم دستگاه مقایسه می نماییم. در ادامه، به کمک روش آنالیز اجزای اصلی[3] (PCA)، به شناسایی پارامترهای اصلی و تأثیرگذار سیستم پرداخته، با استفاده از آن حالات معیوب و سالم از یکدیگر تفکیک می گردند. در نهایت کلیه ی نتایج حاصله را بررسی و به نتیجه گیری خواهیم پرداخت.

---

[1] Surge Phenomenon
[2] Inlet Guide Vane
[3] Principal Component Analysis

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- معرفی ۱
۱-۲- بررسی پژوهش های صورت گرفته ۲
۱-۳- اهداف پایان نامه ۵

فصل دوم: آشنایی با توربین و عیوب مرتبط با پدیده ی سرج

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- توصیف کلی توربین نیروگاه پارسیان ۹
۲-۳- اصول کار با دستگاه ۱۰
۲-۳-۱- داده های اصلی توربین گاز برای شرایط استاندارد ۱۱
۲-۴- جزئیات طراحی ۱۲
۲-۴-۱- چهرچوب و تکیه گاه ها ۱۲
۲-۴-۲- مجموعه ی توربین گاز ۱۲
۲-۴-۲-۱- کمپرسور هوا ۱۲
۲-۴-۲-۲- محفظه ی احتراق ۱۴
۲-۴-۲-۳- توربین مولد گاز ۱۵
۲-۴-۲-۴- توربین مولد قدرت ۱۵
۲-۴-۳- محرک لوازم جانبی ۱۶
۲-۴-۴- سیستم هوا ۱۹
۲-۴-۴-۱- سیستم تخلیه هوا ۱۹
۲-۴-۴-۲- هوای نشت بند فشار پایین ۱۹
۲-۴-۴-۳- هوای خنک کاری فشار پایین ۲۰
۲-۴-۴-۴- هوای مولد قدرت ۲۰
۲-۴-۴-۵- هوای نشت بند فشار بالا ۲۲
۲-۴-۴-۶- هوای خنک کاری فشار بالا ۲۲
۲-۵-پدیده موج زدن یا سرج ۲۵
۲-۵-۱- بررسی پدیده سرج و واماندگی جریان در کمپرسور ۲۵
۲-۵-۲- نقش سیستم احتراق در پدیده سرج ۲۹
۲-۵-۳- سرج در کمپرسور توربین ۳۰
۲-۵-۴- مکانیزم‌های جلوگیری از وقوع استال در کمپرسور توربین گاز ۳۳
۲-۵-۵- راه‌های جلوگیری از وقوع سرج در توربین ۳۴

فصل سوم: ابزار دقیق توربین و سیستم کنترل آن

۳-۱- ابزار دقیق توربین SULZER TYPE 3 D4 ۳۵

۳-۲- سیستم کنترل توربین ۴۱
۳-۲-۱- معرفی ۴۱
۳-۲-۲- نگاهی کلی به سیستم کنترل توربین ۴۳
۳-۳- کنترلر های اصلی ۴۵
۳-۳-۱- AU101 واحد شتاب گیری ۴۵
۳-۳-۲- SC101 کنترلر سرعت توربین ۴۶
۳-۳-۳- TC101 کنترلر دمای توربین ۴۷
۳-۳-۴- DSP101 ایستگاه تنظیم سوخت دوگانه ۴۸
۳-۳-۵- NSX101 پردازشگر میزان بار ۴۸
۳-۳-۶- SC102 کنترلر فرکانس ۴۹
۳-۳-۷- Droop101 ۴۹
۳-۳-۸- LC101 کنترلر میزان بار ۵۰
۳-۳-۹- PTX101 محاسبه گر K4 ۵۰
۳-۴- AGC سیستم کنترل آنالوگ توربین گاز ۵۱
۳-۵- شرحی مختصر در رابطه با کارت های AGC ۵۲
۳-۵-۱- VSU منبع تغذیه 15 VDC ± ۵۲
۳-۵-۲- SMB واحد باینری اندازه گیری سرعت ۵۲
۳-۵-۳- FDM 101-102-103-104 واحد نظارت شعله ۵۳
۳-۵-۴- VDM101-102-104-700-731-732 پایش و تشخیص ارتعاشات ۵۴
۳-۵-۵- DUC 401-451 کنترل واحد محرک سوخت گاز و گازوئیل ۵۴
۳-۵-۶- DUS 401-451 منبع واحد محرک سوخت ۵۵

فصل چهارم: شرح روند انجام آزمایش ها

۴-۱- مقدمه ۵۶
۴-۲- شرح آزمایش اول ۵۸
۴-۳- شرح آزمایش دوم ۶۳
۴-۴- بررسی نتایج ۶۷
۴-۴-۱- نتایج حاصل از آزمایش اول (پره های راهنمای ورودی) ۶۷
۴-۴-۱-۱- مرحله ی راه اندازی ۶۷
۴-۴-۱-۲- مرحله ی زیر بار قرار گرفتن ۷۴
۴-۴-۱-۳- مرحله ی زیربار با ۰/۷ مگاوات ۷۸
۴-۴-۲- نتایج حاصل از آزمایش دوم (محفظه احتراق شماره ۲) ۸۱

فصل پنجم: تشخیص عیب به کمک آنالیز اجزای اصلی(PCA)

۵-۱- مقدمه ۸۵
۵-۲- مولفه‌های اصلی ۸۸

۵-۳- تشخیص عیب به کمک PCA ۹۶
۵-۴- عیب یابی آزمایش های انجام شده به کمک PCA ۱۰۶
۵-۴-۱- آزمایش اول ۱۰۶
۵-۴-۲- آزمایش دوم ۱۱۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری ۱۱۴
۶-۲- پیشنهادات ۱۱۶

فهرست منابع ۱۱۸
پیوست یک- ابزار دقیق توربین SULZER ۱۲۰
پیوست دو- کدهای استفاده شده به منظور تحلیل PCA ۱۲۴
پیوست سه- نمایی از صفحه نمایش توربین ۱۲۷

فهرست جداول

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: آشنایی با توربین و عیوب مرتبط با پدیده ی سرج ۷
جدول (۲-۱) شرایط استاندارد محیطی ۱۱
جدول (۲-۲) داده های اصلی توربین ۱۱

فصل سوم: ابزار دقیق توربین و سیستم کنترل آن ۳۵
جدول (۳-۱) حس گرهای مجموعه ی توربین-ژنراتور ۳۶

فصل چهارم: شرح روند انجام آزمایش ها ۵۶
جدول (۴-۱) شرایط هوای محیط در روزهای انجام آزمایش ۷۰

فصل پنجم– تشخیص عیب به کمک آنالیز مؤلفه های اصلی(PCA) ۸۵
جدول (۵-۱) داده های اولیه ۹۴
جدول (۵-۲) مقایسه ی میانگین و واریانس Qstatic عیوب ایجادی ۱۰۵
جدول (۵-۳) پارامترهای ورودی به PCA جهت عیب یابی آزمایش اول ۱۰۶
جدول (۵-۴) تعداد مقادیر ویژه انتخاب شده در هر مرحله به منظور کاهش ابعاد داده های ورودی ۱۰۷
جدول (۵-۵) مقادیر میانگین و واریانس Qstatic برای مرحله ی اول آزمایش (راه اندازی) ۱۰۸
جدول (۵-۶) مقادیر میانگین و واریانس Qstatic برای مرحله ی دوم آزمایش (زیر بار قرار گرفتن) ۱۰۹
جدول (۵-۷) مقادیر میانگین و واریانس Qstatic برای مرحله ی سوم آزمایش (بار ۰/۷ مگاوات) ۱۱۰
جدول (۵-۸) پارامترهای ورودی به PCA جهت عیب یابی فرآیند آزمایش دوم ۱۱۱
جدول (۵-۹) مقادیر میانگین و واریانس Qstatic در مراحل مختلف آزمایش انسداد مسیر گاز ورودی به محفظه احتراق ۲ ۱۱۲

فهرست اشکال

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: آشنایی با توربین و عیوب مرتبط با پدیده ی سرج ۷
شکل (۲-۱) نمایی از توربین مورد مطالعه ۹
شکل (۲-۲) شماتیکی از قسمت های مختلف توربین ۱۰
شکل (۲-۳) قطعات مجموعه ی توربین ۱۸
شکل (۲-۴) سیستم هوای خنک کاری و نشت بندی ۲۱
شکل (۲-۵) مسیر خنک کاری توربین ۲۴
شکل (۲-۶) نمودار نسبت تراکم بر اساس دبی در پدیده استال ۲۶
شکل (۲-۷) منحنی هد بر اساس دبی ۲۷
شکل (۲-۸) منحنی سرج ۲۸
شکل (۲-۹) نمودار فشار/ جریان در سرج شدید ۲۹
شکل(۲-۱۰) اثر زاویه حمله بر شکل جریان اطراف ایرفویل ۳۱

فصل سوم: ابزار دقیق توربین و سیستم کنترل آن ۳۵
شکل (۳-۱) نمای کلی مکان حس گرها ۴۰
شکل (۳-۲) نمایی از کارت های دیجیتال و آنالوگ واقع در پنل کنترل توربین ۴۱
شکل (۳-۳) نمودار گرافیکی سیستم کنترل توربین ۴۲
شکل (۳-۴) نمایی از پیکربندی نرم افزاری کنترل توربین ۴۳
شکل (۳-۵) شمایی از سیستم کنترل سرعت ۴۷
شکل (۳-۶) شمایی از سیستم کنترل دمای توربین ۴۸
شکل (۳-۷) شمایی از سیستم کنترل تغییر بار ناگهانی ۴۹
شکل (۳-۸) نمایی از کارت های سیستم کنترل آنالوگ ۵۱
شکل (۳-۹) مبدل منبع تغذیه ی ولتاژ ۵۲
شکل(۳-۱۰) شمایی از سیستم اندازه گیری سرعت ۵۳
شکل (۳-۱۱) شمایی از پیکربندی واحد تشخیص شعله ۵۳
شکل (۳-۱۲) شماتیک سیستم پایش ارتعاشات ۵۴
شکل (۳-۱۳) شماتیک سیستم کنترل سوخت/تعویض سوخت ۵۵
شکل (۳-۱۴) نمایی از منبع واحد کنترل سوخت در داخل پنل ۵۵

فصل چهارم: شرح روند انجام آزمایش ها ۵۶
شکل (۴-۱) نمونهای از منحنی عملکرد کمپرسور ۵۷
شکل (۴-۲) نمایی از فیلترهای مرحله ی دوم ۵۸

شکل (۴-۳) نمایی از شیر تخلیه ی هوا ۵۹
شکل (۴-۴) پره های راهنمای ورودی (زاویه متغیر) ۶۱
شکل (۴-۵) نمایی از فرستنده ی موقعیت پره های راهنمای ورودی ۶۱
شکل (۴-۶) موقعیت اجرای عیب بر روی نقشه ۶۲
شکل (۴-۷) نمایی از شیر MV405 ۶۳
شکل (۴-۸) نمایی از شیرکنترل سوخت گاز FCV401 ۶۴
شکل (۴-۹) محل ایجاد عیب در نقشه ۶۵
شکل (۴-۱۰) محل نصب شیر بر روی ورودی مشعل محفظه ی احتراق شماره ۲ ۶۶
شکل (۴-۱۱) نمایی از وسیله ی ساخته شده جهت ایجاد محدودیت ۶۶
شکل (۴-۱۲) مقایسه ی وضعیت سالم و معیوب موقعیت پره های راهنمای ورودی- مرحله ی راه اندازی ۶۸
شکل (۴-۱۳) مقایسه ی موقعیت شیر کنترل در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی راه اندازی ۶۹
شکل (۴-۱۴)مقایسه ی فشار خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی راه اندازی ۷۱
شکل (۴-۱۵) مقایسه ی دمای خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی راه اندازی ۷۱
شکل (۴-۱۶) ضریب تصحیح انرژی تولیدی به عنوان تابعی از دما و رطوبت نسبی محیط ۷۲
شکل (۴-۱۷) مقایسه ی دمای ورودی به توربین در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی راه اندازی ۷۳
شکل (۴-۱۸) مقایسه ی میانگین دمای خروجی اگزوز در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی راه اندازی ۷۳
شکل (۴-۱۹) مقایسه ی وضعیت شیر کنترل سوخت در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بارگیری ۷۵
شکل (۴-۲۰) مقایسه ی فشار خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بارگیری ۷۶
شکل (۴-۲۱) مقایسه ی دمای خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بارگیری ۷۶
شکل (۴-۲۲) مقایسه ی دمای ورودی توربین در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بارگیری ۷۷
شکل (۴-۲۳) مقایسه ی میانگین دمای خروجی از اگزوز در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بارگیری ۷۷
شکل (۴-۲۴) مقایسه ی وضعیت شیر کنترل سوخت در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بار۰/۷ مگاوات ۷۸
شکل (۴-۲۵) مقایسه ی فشار خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بار۰/۷ مگاوات ۷۹
شکل (۴-۲۶) مقایسه ی دمای خروجی کمپرسور در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بار۰/۷ مگاوات ۷۹
شکل (۴-۲۷) مقایسه ی دمای ورودی توربین در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بار۰/۷ مگاوات ۸۰
شکل (۴-۲۸) مقایسه ی میانگین دمای خروجی از اگزوز در دو حالت سالم و معیوب- مرحله ی بار۰/۷ مگاوات ۸۰
شکل (۴-۲۹) شماتیک آرایش بندی ۱۲ ترموکوپل نصب شده بر روی اگزوز ۸۲
شکل (۴-۳۰) توزیع دمایی ۱۲ ترموکوپل خروجی گاز از اگزوز در مراحل مختلف زمانی ایجاد عیب ۸۲
شکل (۴-۳۱) توزیع دمای ورودی به توربین در مراحل مختلف آزمایش دوم ۸۳
شکل (۴-۳۲) توزیع دمای میانگین گازهای خروجی در مراحل مختلف آزمایش دوم ۸۳
شکل (۴-۳۳) میانگین دمای خروجی و ۳ ترموکوپل دارای بیشترین انحراف در مرحله ی اول (بستن ٪۳۰ مسیر) ۸۴

فصل پنجم– تشخیص عیب به کمک آنالیز مؤلفه های اصلی(PCA) ۸۵
شکل(۵-۱) روند به دست آوردن مؤلفه های اساسی ۸۸
شکل(۵-۲) نمودار رسم شده برای ۸ مقدار اندازه گیری شده ۸۹
شکل(۵-۳) متغیرهای اصلی بدست آمده برای ۸ مقدار اندازه گیری شده ۹۰

شکل(۵-۴) استخراج مؤلفه های اصلی از روی داده های اصلی ۹۵
شکل(۵-۵) پروسه ی تشخیص عیب به کمک آنالیز مؤلفه های اصلی ۹۷
شکل(۵-۶) دیاگرام بلوکی فرآیند دینامیکی مرتبه ی یک ۹۸
شکل(۵-۷) نمایش گرافیکی روند عیب یابی به کمک PCA ۹۹
شکل(۵-۸) شبیه سازی مدل دارای عیب تغییر ثابت زمانی $T=3$ در محیط SIMULINK ۱۰۰
شکل(۵-۹) شبیه سازی مدل دارای عیب تغییر ضریب بهره $k=2$ در محیط SIMULINK ۱۰۰
شکل(۵-۱۰) شبیه سازی مدل دارای عیب $offset=0.02$ در محیط SIMULINK ۱۰۰
شکل(۵-۱۱) مقایسه متغیرهای وضعیت سالم و وضعیت معیوب $T=3$ ۱۰۱
شکل(۵-۱۲) مقایسه متغیرهای وضعیت سالم و وضعیت معیوب $k=2$ ۱۰۱
شکل(۵-۱۳) مقایسه متغیرهای وضعیت سالم و وضعیت معیوب $offset =0.02$ ۱۰۱
شکل(۵-۱۴) استخراج مؤلفه های اصلی ۱۰۲
شکل(۵-۱۵) نمایش فاز آموزش تا $t=50$ s و نمایش آزمودن صحت اعتبار آن در بازه ی $50 < t < 70$ s ۱۰۲
شکل(۵-۱۶) مقایسه تغییرات باقیمانده ی حالت سالم در $t < 50$s و حالت دارای عیب تغییر ثابت زمانی در $50 < t < 100$s ۱۰۳
شکل(۵-۱۷) مقایسه تغییرات باقیمانده ی حالت سالم در $t < 50$s و حالت دارای عیب تغییر ضریب بهره در $50 < t < 100$s ۱۰۳
شکل(۵-۱۸) مقایسه تغییرات باقیمانده ی حالت سالم در $t < 50$s و حالت دارای عیب جابجایی خروجی در $50 < t < 100$s ۱۰۴
شکل(۵-۱۹) مقایسه تغییرات باقیمانده به ترتیب در حالات ۱)سالم ۲)اعتبار سنجی ۳)عیب تغییر ثابت زمانی ۴) تغییر ضریب بهره ۵) جابجایی خروجی ۱۰۴
شکل (۵-۲۰) مقادیر ویژه ماتریس انتقال در مرحله ی اول آزمایش (راه اندازی) ۱۰۸
شکل (۵-۲۱) نمودار Qstatic حالت سالم و معیوب در مرحله ی اول آزمایش (راه اندازی) ۱۰۸
شکل (۵-۲۲) مقادیر ویژه ماتریس انتقال در مرحله ی دوم آزمایش (زیر بار قرار گرفتن) ۱۰۹
شکل (۵-۲۳) نمودار Qstatic حالت سالم و معیوب در مرحله ی دوم آزمایش (زیر بار قرار گرفتن) ۱۰۹
شکل (۵-۲۴) مقادیر ویژه ماتریس انتقال در مرحله ی سوم آزمایش (بار ۰/۷ مگاوات) ۱۱۰
شکل (۵-۲۵) نمودار Qstatic حالت سالم و معیوب در مرحله ی سوم آزمایش (بار ۰/۷ مگاوات) ۱۱۰
شکل (۵-۲۶) مقادیر ویژه ماتریس انتقال ۱۱۲
شکل (۵-۲۷) نمودار Qstatic حالت سالم و معیوب ۱۱۳

فهرست نمادها و علائم اختصاری

ماتریس داده های ورودی	X
تعداد متغیر ورودی (ستون)	m
تعداد نمونه ی هر متغیر (سطر)	N
ماتریس هدف	T
تعداد جدید متغیرهای تحت نگاشت (بعد ماتریس هدف)	r
ماتریس بارگذاری	P
درایه های ماتریس ورودی	x_j
درایه های ماتریس بارگذاری	p_j
درایه های ماتریس هدف	t_j
تابع پتانسیل لاگرانژ	V
تابع شرط بهینه سازی لاگرانژ	g
مقادیر ویژه (ضرایب لاگرانژ)	λ_j
ماتریس همبستگی (کوواریانس)	A
ماتریس جدید داده ها	$X*$
میانگین	μ
واریانس	σ
باقیمانده	r_j
متغیر ورودی	U
متغیر خروجی	Y
اغتشاش	N

فصل اول

مقدمه

مقدمه

۱-۱ مقدمه

توربین های گازی[۴] به عنوان قلب تپنده در صنعت نفت، نقشی حیاتی در تولید انرژی مورد نیاز جهت کارکرد دائم تجهیزات برقی دارند. خاموشی یکباره[۵] ی توربین می تواند توقف تولید و برداشت نفت از چاه ها و ضررهای اقتصادی ناشی از آن را به دنبال داشته باشد. از طرفی پس از وقوع خاموشی، عدم اشراف کامل به نقص پیش آمده، منجر به افزایش مدت زمان توقف دستگاه خواهد شد که به نوبه ی خود باعث عقب ماندن در تولید به خصوص در میادین مشترک نفت و گاز می شود.

عیوب پدید آمده در سیستم منجر به تغییر پارامترهای فرآیندی دستگاه از جمله ارتعاشات، فشار، دما و ... می گردد. بنابراین تغییرات در پارامترهای فرآیندی دستگاه از جمله موقعیت پره های راهنمای هوای ورودی

---

[4] Gas Turbine

[5] Shut Down

(IGV)، فشار و دمای طبقات انتهایی کمپرسور، دمای تقریبی گاز ورودی به توربین کمپرسور[۶] (خروجی از محفظه ی احتراق)، توزیع درجه حرارت گاز خروجی از اگزوز[۷] و حتی موقعیت شیر کنترل سوخت[۸] (FCV) می تواند به شناسایی عیب رخ داده شده در دستگاه کمک نماید. در همین زمینه پس از ایجاد عیوب مورد نظر، داده های مذکور به منظور عیب یابی مورد پایش قرار گرفته اند تا بتوان با آنالیز و بررسی آن ها به نتایج قابل قبولی رسید.

۲-۱ بررسی پژوهش های صورت گرفته

Silvio Simani & Ron J. Patton [۱] ، به عیب یابی توربین گازی صنعتی نمونه از طریق شناسایی سیستم پرداختند. آن ها از طریق مدل سازی جعبه سیاه[۹] و تخمین خروجی، اقدام به شناسایی عیب نمودند. طرح پیشنهادی آن ها به خصوص در مواقعی که حل خشن[۱۰] به منظور کاهش تأثیرات خطا و اغتشاش و افزایش حساسیت به عیب در نظر گرفته می شود، بسیار مفید می باشد. به منظور صحت سنجی تجربی، روش مذکور را بر روی یک توربین گازی صنعتی تک محوره در حضور خطاهای اندازه گیری و مدل سازی پیاده نمودند.

S. Simani & Cesare Fautuzzi [۲]، در مقاله ای دیگر به شناسایی سیستم دینامیکی و عیب یابی مبتنی بر مدل یک توربین گازی صنعتی نمونه پرداختند. با این تفاوت که به منظور شناسایی سیستم از مشاهده گرها و پروسه ی طراحی فیلتر برای اهداف خود بهره بردند. مدل تحت بررسی از طریق پروسه های شناسایی به دست آمده است که وظیفه ی تولید باقی مانده بر عهده ی مشاهده گرهای خروجی و فیلتر های کالمن[۱۱] طراحی شده در هر دو حالت فرض بدون حضور اغتشاش و در حضور اغتشاش، می باشد. در انتها فرآیند مذکور را بر

---

[6] Compressor Turbine
[7] Exhaust Gas Temperature
[8] Fuel Control Valve
[9] Black-Box Modeling
[10] Robust Solution
[11] Kalman Filters

روی یک توربین صنعتی تک محوره تست نموده اند.

A. Guasch & J. Quevedo [۳]، به عیب یابی توربین گازی بر اساس سیستم کنترل آن پرداختند. آن ها بر اساس اطلاعات وارد شده در سیستم کنترل، از دو روش برای شناسایی عیب بهره گیری نمودند. روش اول شامل گسترش اتوماتیک یک سیستم عیب زدایی[۱۲] می باشد که به وسیله ی اطلاعات قطعی و مشخص داده شده به سیستم PLC [۱۳] ساخته می شود. روش دوم بر اساس آنالیز سیستم کنترل دیجیتال به منظور تشخیص عیب در بازخوردها (عملگرها، اجزاء یا حسگرها) استوار می باشد. در واقع تعامل میان مجموعه و سیستم کنترل آن، امکان استفاده از اطلاعات سیستم کنترل به منظور تشخیص عیوب در مجموعه را فراهم می آورد.

Rajeev Verma و همکاران [۴] ، به عیب یابی یک توربین گازی از طریق محاسبات نرم پرداختند. آن ها با گسترش سیستم فازی و با استفاده از یک مدل خطی شده ی عملکرد توربین، اقدام به جداسازی عیب از اندازه گیری های اغتشاش دار نمودند. سیستم فازی یک مسئله ی بهینه سازی را با تعداد اندک متغیر های طراحی که از طریق الگوریتم ژنتیک در زمان محاسبه ی به طور قابل ملاحظه کم، حل شده است، مطرح می کند. عیوب در پنج ماژول (فن، کمپرسور فشار پایین، کمپرسور فشار بالا، توربین فشار پایین و توربین فشار بالا) مدل و مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه گیری های صورت گرفته توسط آن ها عبارت بودند از: انحراف در دمای گاز خروجی از اگزوز، سرعت روتور و دبی جریان سوخت.

S. O. T. Ogaji و همکاران [۵]، اقدام به انتخاب پارامتر برای شناسایی کارکرد توربین گازی نمودند. آن ها از یک مدل آنالیز غیر خطی مسیر گاز (NLGPA [۱۴]) به منظور پیش بینی ادوات ابزار دقیق مورد نیاز بهره جستند تا بتوانند حالتی بهینه از تعداد حسگرها و مکان نصب آن ها دست یابند. مدل ترمودینامیکی آن ها به بررسی رفتار یک توربین دو محوره می پردازد.

---

[12] Troubleshooting System

[13] Programmable Logic Controller

[14] Non-Linear Gas-Path Analysis

N. H. Afgan و همکاران [۶]، به بررسی مفهوم یک سیستم خبره[۱۵] برای عیب یابی و پایش محفظه های احتراق یک توربین گازی پرداختند. مفهوم یک سیستم خبره در محفظه ی احتراق بر اساس پایش توزیع دمایی و مکانی شار حرارتی داخل آن و مقایسه ی تدریجی میان میزان واقعی متغیر تشخیصی با مقدار به دست آمده از شبیه سازی عددی در شرایط گوناگون که منجر به وقوع عیب در محفظه ی احتراق و انحراف عملکرد صحیح آن می شود، استوار است. آن ها این سیستم را بر روی میز تست محفظه ی احتراق یک توربین در روسیه به اجرا در آوردند.

Ali Chaibakhsh & Ali Ghaffari [۷]، به مدل سازی یک توربین بخار ۴۴۰ مگاواتی پرداختند. بدین منظور ابتدا به کمک بالانس انرژی، روابط ترمودینامیکی و معادلات شبه تجربی، مدل ریاضی غیر خطی را به دست آورند. سپس پارامترهای مربوط به مدل را به کمک روابط تجربی یا الگوریتم ژنتیک بر اساس داده های واقعی تنظیم نمودند و از آن برای ارزیابی آنتالپی ویژه و آنتروپی ویژه در مقاطع مختلف توربین بهره جستند. خطای مدل سازی آن ها کمتر از ٪ ۰/۳ بوده است.

S. Burguet & O. Leonard [۸]، به مقایسه میان فیلترهای تطبیقی در پایش عملکرد توربین گازی پرداختند. آن ها الگوریتمی را ارائه داده اند که قابلیت خوبی در دنبال کردن انحراف تدریجی با دقت بالا دارد.

Hasan Huseyn Erden & Suleyman Hakan Sevilgen [۹]، در قالب یک مقاله مورد کاوی تأثیر دمای هوای محیط را بر روی مصرف سوخت و تولید انرژی الکتریکی در یک سیکل ساده توربین گازی را در ترکیه بررسی نمودند.

---

[15] Expert System