بسم الله الرحمن الرحيم

١٤٢٦/٨٤٠٨٤

٣٤٩٢٢

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱۳۷۹ /۸/ ۲۰

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (طراحی کاربردی)

طراحی یک نرم افزار پایه ای برای آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان جهت عیب یابی در جعبه دنده

۱۰۳۹۸

نگارنده :

مصطفی رنجبر

استاد راهنما :

دکتر سیامک اسماعیل زاده خادم

تابستان ۱۳۷۹

۳۴۹۲۲

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای مصطفی رنجبر پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان طراحی یک نرم‌افزار پایه‌ای جهت آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان برای عیب‌یابی جعبه دنده در تاریخ ۷۹/۶/۲۰ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک با گرایش طراحی کاربردی پیشنهاد می‌کنند. ۱۴ب۶

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر اسماعیل‌زاده خادم	
۲ـ استاد مشاور :	—	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر قضاوی	
	آقای دکتر فیروز بختیاری‌نژاد	
۴ـ مدیر گروه : (یا نمایندهٔ گروه تخصصی)	آقای دکتر لیاقت	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ مکانیک-طراحی کاربردی است که در سال ۱۳۷۹ در دانشکدهٔ مهندسی دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر اسماعیل زارعانی، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ـــــ و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ـــــ از آن دفاع شده است.»

مادهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادهٔ ۶ اینجانب مصطفی رکنیز دانشجوی رشته مکانیک-طراحی کاربردی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: مصطفی رکنیز

تاریخ و امضا: ۷۹/۶/۹

تقدیم به

اسطوره های مهربانی و ایثار، پدر و مادر گرامی ام.

قدردانی

با تشکر فراوان از استاد درس و اخلاق، جناب آقای دکتر اسماعیل زاده خادم که افق های نوینی از علم و معرفت را بر پیش روی دیده گان من گشودند و همواره با ارائه راهنمائی های موثر خود در طی مدت انجام این پژوهش مرا یاری نمودند.

همچنین لازم می دانم که از همکاری های خالصانه آقایان مهندس محمودی و مهندس مسگرهروی و همین طور از راهنمائی های مفید آقایان پرفسور Wells از دانشگاه تگزاس، پرفسور Whalen از دانشگاه مانیتوبا، دکتر Baydar از دانشگاه منچستر، دکتر بهدینان از دانشگاه تورنتو و دکتر کیهانی از دانشگاه اوهایو و همین طور از شرکت های Schenek آلمان، B&K اتریش، VCI و CSI از آمریکا و کلیه کسانی که بنحوی در اجرای این پژوهش من را یاری نمودند، کمال تشکر و سپاسگذاری خود را ابراز نمایم.

می اندیشم

پس

هستم

(دکارت)

چکیده :

مزیت استفاده از روشهای آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان به این نکته است که در حوزه زمان کلیه اطلاعات مربوط به سیگنال حفظ شده و قابلیت پردازش دارد. لذا یک سیستم موثر برای جمع آوری، آنالیز و نگهداری داده ها باید قابلیت ماشینی نمودن آنالیز سیگنال در حوزه زمان را دارا باشد.

همچنین با توجه به شرایط سخت کاری و محیط آلوده محلهای نصب جعبه دنده ها در ماشین آلات یا کارگاه ها باید زمان جمع آوری داده ها را بوسیله پارامتریزه نمودن شکل سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان کمینه نموده و در حداقل زمان و با حداکثر دقت، به ارزیابی وضعیت کارکرد جعبه دنده پرداخت.

در همین راستا در این پژوهش ابتدا به معرفی روشهای آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان برای عیب یابی در ماشین آلات بهمراه نوع کاربرد و مزایا و معایب هر روش پرداخته و سپس اقدام به طراحی یک نرم افزار پایه ای برای آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان می شود. پارامترهای مختلفی از روی شکل موج و از خواص آماری سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان استخراج شده و سپس با محدوده های مجاز که بیانگر چگونگی وضعیت کارکرد جعبه دنده می باشند، مقایسه میگردند و هر گاه یک محدوده غیرمجاز مشاهده گردید، زنگ هشدار دهنده به صدا در آمده و با دادن یک پیغام نوع عیب را برای کاربر مشخص می نماید. همچنین این نرم افزار با ایجاد توانایی های نرم افزاری و ارائه نتایج حاصل از آنالیز بصورت جدول و نمودار و امکان آنالیز همزمان داده ها در حوزه فرکانس، کاربر را در ارزیابی صحت کارکرد، آگاهی از لحظه شروع خرابی و بررسی چگونگی گسترش عیب در جعبه دنده یاری می نماید.

واژه های کلیدی : ارتعاش، سیگنال، حوزه زمان، نرم افزار، عیب یابی، جعبه دنده.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- اهداف آنالیز ارتعاشی جهت عیب یابی در ماشین آلات	۳
۱-۳- ارزیابی ماشین آلات و شرایط کاری	۳
۱-٤- ارتعاشات در ماشین آلات	٤
۱-٥- سیستم تعمیر و نگهداری دورنگر	٤
۱-٦- آنالیز ارتعاشات	٥
۱-۷- علل استفاده از آنالیز ارتعاش به عنوان یک روش نوین تست غیر مخرب	٥
۱-۸- مراحل مختلف آنالیز ارتعاشی ماشین آلات	٦
۱-۹- علت های ایجاد ارتعاش در ماشین آلات	۷
۱-۱۰- مروری برکارهای انجام شده	۹
فصل دوم : معرفی روشهای آنالیز سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان برای عیب یابی	
۲-۱- مقدمه	۱۲
۲-۱-۲- پردازش سیگنال ارتعاشی	۱۳
۲-۱-۳- پنجره های زمانی	۱٤
۲-۲- روشهایی تشخیص پیک ها	۱۸
۲-۲-۱- ماکزیمم پیک مثبت یا منفی	۱۹
۲-۲-۲- بیشترین مقدار پیک تا پیک	۱۹
۲-۲-۳- پیکهای بالای مقدار متوسط موثر سیگنال	۱۹
۲-۲-٤- نقاط بالای مقدار متوسط موثر سیگنال	۱۹
۲-۲-٥- نسبت پیکها به کل نقاط	۲۰
۲-۲-٦- نسبت نقاط دارای دامنه صفر به کل نقاط	۲۰

عنوان	صفحه
۲-۲-۷- مقدار متوسط موثر دامنه	۲۰
۲-۳- روشهای آنالیز آماری سیگنال ارتعاشی	۲۲
۲-۳-۱- تشابه و تشابه متقاطع	۲۲
۲-۳-۱-۱- کاربرد تشابه	۲۲
۲-۳-۱-۲- کاربرد تشابه متقاطع	۲۳
۲-۳-۲- پارامتر کرست فاکتور	۲٤
۲-۳-۳- کرتزیس	۲۵
۲-٤- روشهای آنالیز شکل موج زمان سیگنال ارتعاشی	۲٦
۲-٤-۱- خاموش نمودن ماشین در حین کار	۲٦
۲-٤-۲- بررسی شکل موج گذاری ارتعاش جعبه دنده در لحظه استارت ماشین	۲۷
۲-٤-۳- آنالیز شکل موج حاصل از تفکیک سیگنال	۲۷
۲-٤-٤- پارامتر تقارن	۲۸
۲-٤-۵- پارامتر تقارن پیک ها	۲۹
۲-٤-٦- پارامتر میزان شیب	۲۹
۲-٤-۷- پارامتر ضربه A	۲۹
۲-٤-۸- پارامتر ضربه B	۳۰
۲-٤-۹- پارامتر شیب متوسط	۳۰
۲-٤-۱۰- پارامتر بیشترین ژرک	۳۱
۲-٤-۱۱- پارامتر لقی تکیه گاهی	۳۱
۲-۵ روشهای اختصاصی آنالیز سیگنال ارتعاشی جعبه دنده در حوزه زمان	۳۲
۲-۵-۱ روش FM0	۳۲
۲-۵-۲روش FM4	۳۲
۲-۵-۳روش *NA4	۳۳
۲-۵-٤ روش NB4	۳۳

عنوان	صفحه
فصل سوم : معرفی نرم افزار و ارائه نتایج	
۳-۱- مقدمه	٤١
۳-۲- فلوچارت کلی حاکم بر نرم افزار آنالیزسیگنال ارتعاشی جعبه دنده در حوزه زمان	٤٣
۳-۳- منوی اصلی	٤٦
۳-۳-۱- منوی مدیریت داده ها	٤٧
۳-۳-۱-۱- ایجاد فایل جدید	٤٧
۳-۳-۱-۲- باز نمودن فایل داده ها	٤٧
۳-۳-۱-۳- پاک نمودن داده ها	٤٨
۳-۳-۱-٤- وارد نمودن دستی داده ها	٤٨
۳-٤- منوی ویرایش داده ها	٤٩
۳-٥- منوی روت	٤٩
۳-٦- منوی آنالیز حوزه زمان	٤٩
۳-٦-۱- منوی روشهای تشخیص سطح پیکها	٤٩
۳-٦-۱-۱- منوی محاسبه پارامتر تقارن پیکها	٥٠
۳-٦-۱-۲- منوی محاسبه میزان شیب یا خمیدگی فرم موج سیگنال	٥١
۳-٦-۱-۳- منوی محاسبه پارامتر ضربه A	٥٢
۳-٦-۱-٤- منوی محاسبه پارامتر ضربه B	٥٢
۳-٦-۱-٥- منوی محاسبه شیب متوسط	٥٣
۳-٦-۱-٦- منوی محاسبه میزان لقی یاتاقان	٥٤
۳-۷- منوی روشهای آماری	٥٤
۳-۷-۱- تشابه و تشابه متقاطع	٥٤
۳-۷-۲- منوی محاسبه پارامتر کرست فاکتور	٥٤
۳-۷-۳- منوی محاسبه کرتزیس	٥٥
۳-۸- منوی محاسبه پارامترهای شکل زمانی سیگنال ارتعاشی	٥٦
۳-۸-۱- منوی محاسبه بیشترین پیک مثبت یا منفی	٥٦
۳-۸-۲- منوی محاسبه ماکزیمم پیک تا پیک	٥٦
۳-۸-٤- منوی محاسبه نقاط بالای مقدار متوسط موثر	٥٧
۳-۸-٥- منوی محاسبه نسبت نقاط دارای دامنه صفر به کل نقاط	٥٨

عنوان	صفحه
۳-۹- منوی آنالیز سیگنال ارتعاش در حوزه فرکانس	۵۸
۳-۱۰- منوی ارائه نمودارهای حاصل از آنالیز	۵۹
۳-۱۰-۱- رسم نمودار در حوزه زمان	۵۹
۳-۱۰-۲- رسم نتایج حاصل از پردازش	۵۹
۳-۱۰-۳- رسم نمودارها بصورت همزمان	۵۹
۳-۱۱- اتصال با دستگاه های جمع کننده داده های ارتعاشی	۵۹
۳-۱۲- دسترسی به محیط DOS	۵۹
۳-۱۳- کمک رسانی(HELP)	۵۹
۳-۱٤- خروج	۵۹
فصل چهارم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات	
٤-۱- نتیجه گیری	٦۱
٤-۲- ارائه پیشنهادات	٦٤
واژه نامه فارسی به انگلیسی	٦۵
واژه نامه انگلیسی به فارسی	٦۸
منابع	۷۱
ضمائم :	۷۳
ضمیمه ۱ : آنالیز ارتعاشی از دریافت سیگنال تا عیب یابی با نرم افزار VAS با استفاده از یک مثال عملی	
ضمیمه۲ : متن برنامه نوشته شده جهت نرم افزار VAS	
ضمیمه ۲ : متن کمک رسانی برنامه(Help)	

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه :

هیچ پدیده ای در عالم طبیعت از لحاظ حجم اطلاعات مربوط به سیستم، قابل مقایسه با سیگنال ارتعاشی در حوزه زمان نمی باشد

با بررسی سیگنال ارتعاشی[1] که دامنه ارتعاش (سرعت یا شتاب ارتعاش) را بر حسب زمان نشان می دهدوباتوجه به خصوصیات فیزیکی سیستم، می توان بعضی عیوب موجود در سیستم را تشخیص داد. جهت آنالیز سیگنال هر سیستم ، باید خرابی های احتمالی فعلی و قبلی و عواقب آن را نیز تا حدودی دانست. مسلما در جعبه دنده، مساله خوردگی سطح دنده ها یا شکسته شدن دنده ها و سر و صدا و کاهش میزان انتقال توان، از جمله مسائل اساسی است. روشهای بررسی و تصحیح مشکلات ماشین های دوار در ابتدا مستلزم دریافت طیف ارتعاشی از سیستم است و مشکلاتی که در ماشینها و سیستم های دوار وجود دارند را نشان می دهند. اگرچه آنالیزهای انجام شده از وضعیت کاری ماشین ما را مستقیما به عیب آن هدایت نمی کند لیکن پایه خوبی برای تشخیص اولیه عیب است. آنالیز طیفهای ارتعاشی نیاز به دانش علمی، همراه با تجربه عملی در صنعت دارد لیکن در مقایسه با روشهای دیگر عیب یابی، این روش تشخیص عیب علاوه بر ارزان، کم خرج، سریع و مطمئن بودن در محل کار دستگاه نیز قابل اعمال است. با آنالیز ادواری و مانیتور کردن پیوسته ارتعاشات می توان ایجاد خرابی در قسمت های مختلف دستگاه را پیشگوئی و روند رشد آن را بررسی و زمان تعمیر یا تعویض آن قسمت را مشخص کرد.[1]

پیشگیری از ایجاد عیب و تعیین وضعیت خرابی پیش از بروز آن همواره بسیار مهم بوده و نقش عمده ای را در جهت بازدهی بیشتر ماشین آلات ایفا می کند. بدین لحاظ بررسی و تعمیم تکنولوژی های نظارت بر کارکرد ماشین آلات در راستای بازدهی بیشتر و بهتر کارخانجات صنعتی ضروری به نظر می رسد. با بکار بردن این روشها می توان هزینه های گزاف نگهداری و تعمیرات ماشین آلات را کاهش داد. با توجه به آنکه خرابی ناشی از ارتعاشات حاصل از میدان تنشی[2] است که خود ناشی از کرنشهای[3] حاصل از تغییر مکان سریع اجزاء سیستم می باشد، لذا این تنشها بصورت نوسانی بر جسم اعمال می شوند و در نهایت باعث ایجاد و رشد خرابی در سیستم میشوند. پس باید به مبحث آنالیز ارتعاشی ماشین آلات جهت تشخیص عیب و تخمین روند گسترش عیب در سیستم با دید عمیق تری نگریسته شود.

1- Vibration signature 2- Stress feild 3- Strain

۱-۲- اهداف آنالیز ارتعاش جهت عیب یابی در ماشین آلات

اهداف آنالیز ارتعاشی عبارتند از:

الف) تشخیص عیوب در شرایط کاری مختلف (تحت بارگذاریهای گوناگون)

ب) ارزیابی شدت و مکانیزم خرابی و تخمین روند گسترش آن و میزان عمر باقیمانده دستگاه

ج) تشخیص و عیب یابی اتوماتیک و تقسیم بندی انواع عیب های سیستم

د) یافتن پارامترهایی که ممکن است به عیب ایجاد شده در دستگاه حساس باشند و بتوان از روی آنها وقوع عیب را مشخص نمود (همانند ولتاژ، جریان، قدرت موتور محرک).

با توجه به اهمیت آنالیز سیگنال ارتعاشی در ماشین آلات، امروزه توسط اغلب کارخانه های سازنده ماشین آلات یک جای دائمی را جهت نصب حسگر[۱] ارتعاشی در تولیدات خود مشخص نموده اند.

ه) ساخت ماشین آلات با تکنولوژی تعمیر و نگهداری ساده تر

۱-۳- ارزیابی ماشین آلات و شرایط کاری :[2]

ارزیابی ماشین در حالت ایستا[۲]، تنها در حالتی که اجزاء ماشین مونتاژ نشده اند، قابل انجام است و باید هر مولفه همانند غلطک ها و ساچمه های یاتاقانهای غلطشی جهت آزمایش سایش، خوردگی خستگی و پیری دردسترس باشند. البته بعلت گران تمام شدن روش تست تک تک قطعات قبل از مونتاژ، تنها از این روش در صنایع ویژه همانند صنایع هوایی استفاده می شود. همچنین بررسی ماشین در شرایط سکون کاری نمی تواند تشخیص صحیحی از خرابی یا میزان نفوذ خرابی ناشی از شرایط نابالانسی[۳] دینامیکی، عدم هم محوری[۴] ناشی از اثرات حرارتی و بارگذاری و بروز پدیده تشدید[۵] در سیستم را ارائه کند. حال اگر ماشین در شرایط کاری واقعی ارزیابی شود، امکان تشخیص خرابی در کل مجموعه ماشین فراهم است، نمودار (۱-۱). از جمله ساده ترین و ابتدایی ترین این روشها می توان به شنیدن و لمس کردن یا قرار دادن سکه بر روی سطح ماشین اشاره نمود، البته توانایی های این روشها محدود است و بستگی تام به تجربه شخص آزمایش کننده دارد. بنابراین استفاده از ماشین آلاتی که دارای قدرت اندازه گیری با دقت بالا و قابلیت تکرار در ثبت داده های آزمایش و بازخوانی مجدد داده های حاصل از آزمایش باشند، از مسائل پایه ای آنالیز سیگنال ارتعاشی می باشد.

1- Vibration sensor 2-Stationary 3- Imbalance 4- Mis alignment 5- Resonance