بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهّدنامه اصالت اثر

اینجانب **علی عزیزی** متعهّد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقرّرات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلّف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادّی و معنوی اثر متعلّق به دانشگاه شهید رجایی می‌باشد .

امضاء

علی عزیزی

تهران – لویزان – کدپستی ۱۶۷۸۸- صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵ تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ (داخلی ۲۳۴۷) نمابر: ۲۲۹۷۰۰۱۱

پست الکترونیک: srttu@srttu.ac.ir

دانشکده مهندسی مکانیک

شبیه‌سازی و تحلیل دینامیکی سیستم تعلیق درزین OBW-10 با نرم‌افزار ADAMS

نگارش:
علی عزیزی

اساتید راهنما:
دکتر علی رحمانی هنزکی
دکتر بهنام داودی

استاد مشاور:
دکتر حبیب‌اله ملاطفی

ناظر مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن:
سید حسین یزدانی طبایی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی
شهریور ماه ۱۳۹۱

بسمه تعالی

شماره: ۱۱/۹۲/۱۱۷۰۳۰
تاریخ: ۹۲/۱۰/۲۵
پیوست:

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جناب آقای علی عزیزی رشتهٔ مهندسی مکانیک-طراحی کاربردی تحت عنوان، تحلیل دینامیکی سیستم تعلیق در زین‌های OBW و مدل‌سازی آن در نرم افزار ADAMS، که در تاریخ ۹۱/۶/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (با درجه بسیار خوب امتیاز ۱۸) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ـ عالی (۲۰ – ۱۹)

۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر علی رحمانی هنزکی	استادیار	
استاد راهنما	دکتر بهنام داودی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر حبیب‌اله ملاطفی	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر جواد کدخدایور	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر محمدعلی رضوانی	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد حسین‌پور	استادیار	

دکتر غلامحسن پایگانه
رئیس دانشکده مهندسی مکانیک

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱
صندوق پستی: ۱۶۷۸۵-۱۶۳
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۲۲
Email:sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به:

خانواده‌ام

که هر چه دارم از آنهاست ...

تشکر و قدردانی

راز و رمز پویایی علم و کشف معانی بدیع و تجلّی جلوه‌های شهودی معرفت، کیمیایی است که آسمان علم به برکت سیمای و سیره‌ی نورانی نبوی مُکَرّم صَلّی اللهُ عَلیهِ وَ آله‌ی وَ سَلَّم، انسان دربند خاک را به معراج حضور می‌خواند. چه خرّم علمی که از چشمه‌ی معارف سیراب شود و چه زیبا دانشی که قبای پر نیایش به عطر و بوی گلستان محمّدی معطّر شود و چه معماری با شکوهی، بنّایی که سنگ هویّت و فرهنگ آن ریشه در مدینه‌النبی بیاید. و امروز کاخ آباد علم به سروش معنوی و مفهوم پیام او بیش از پیش محتاج راهنمایانی است که علاوه بر حفظ آبادانی آن در راه اعتلای آن به فرزندان خویش محبت نمایند.

باسپاس فراوان از راهنمایی‌ها وکمک‌های شایان اساتید راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر علی رحمانی هنزکی و جناب آقای دکتر بهنام داودی، مشاور گرامی‌ام جناب آقای دکتر حبیب‌اله ملاطفی، کارشناس ارشد سازمان تحقیقات راه آهن جناب آقای مهندس سیدحسین یزدانی طبایی و همچنین ریاست محترم دانشکده مکانیک جناب آقای دکتر غلامحسن پایگانه که در انجام این پروژه یار و همراه من بوده‌اند و با صبر و شکیبایی و سعه صدر با رهنمودهای خود روشنگر مسیر تحقیق بوده و مرا در انجام کارم دلگرم نموده‌اند صمیمانه سپاسگزارم و آرزوی بهروزی و سعادت بی‌پایان را از درگاه خداوند متعال برای آنها خواهانم.

اجرکم عندالله.

چکیده

این پایان‌نامه در جهت طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش راه آهن جمهوری اسلامی ایران انجام گرفته است. هدف اصلی این تحقیق، ارتقاء ظرفیت و تعیین سیستم تعلیق مناسب برای درزین جرثقیل‌دار جدید (OBW-10) می‌باشد. این وسیله ریلی از ماشین‌آلات مکانیزه راه آهن بوده و برای نگهداری و تعمیرات خطوط ریلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای توسعه و ارتقاء آن در داخل کشور به چند پروژه کارشناسی ارشد تقسیم‌بندی شده است. به‌منظور ارتقاء ظرفیت درزین از ۵ تن متر به ۱۰ تن متر لازم است اثرات این افزایش ظرفیت و تغییرات مورد نیاز در سیستم تعلیق این وسیله ریلی لحاظ گردد. به منظور حرکت هدفمند در این مسیر مطالعه رفتار سینماتیکی و دینامیکی سیستم تعلیق درزین OBW مورد نیاز است. در این تحقیق برای انجام تحلیل دینامیکی در نرم افزار آدامز ابتدا اندازه‌گیری اجزای جرمی درزین OBW موجود (۵ تن متر) و مدل ۱۰ تن متر که شاسی آن قبلاً در پایان‌نامه دیگری، در نرم‌افزار آباکوس تحلیل و ارتقاء یافته است. در این تحقیق در نرم افزار سالیدورکز برای حالت‌های با بار و بدون بار مدل‌شده و مراکز جرم و ممان اینرسی بدست آمده است. سپس در نرم‌افزار آدامز-ریل با مدل کردن حالات با بار و بدون بار و با در نظر گرفتن شرایط بحرانی از جمله ناهمواری سطح مانند درز ریل، افتادگی خط، پدیده هانتینگ، تنگ‌ترین قوس ۱۵۰ متر و ۲۲۰ متر (خط آهن موجود در ایران) رفتار ۵ تن متر موجود را با ۱۰ تن متر جدید مقایسه و نتایج بدست آمده از نرم‌افزار تحلیل شد. جهت تأیید مدل ایجادشده در نرم‌افزار آدامز- ریل نمودارهای مکان- زمان معادلات حرکت ارتعاشات عمودی درزین ۵ تن متر در حالت بدون بار در محیط سیمولینک متلب و محیط آدامز- ریل در شرایط ناهمواری سینوسی با طول موج و دامنه ارتعاش یکسان و سرعت برابر مقایسه گردیده است.

کلمات کلیدی: درزین، تحلیل دینامیکی، سیستم تعلیق، آدامز- ریل

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... الف
فهرست مطالب ..... ب
فهرست اشکال ..... ز
فهرست جداول ..... ک
علائم اختصار ..... م

فصل اوّل: طرح مسأله

۱-۱ مقدمه
۱-۲ سیستم تعلیق ۲
۱-۳ درزین ۴
۱-۴ سیستم تعلیق درزین OBW-10 ..... ۵
۱-۵ بوژی ۶
۱-۶ انواع سیستم تعلیق در بوژی‌های باری و مسافری ۶
۱-۷ قطارهای آونگی ۷
۱-۸ خروج از خط در قوس ۸
۱-۹ پدیده هانتینگ ۹
۱-۱۰ اهداف تحقیق ۱۰
۱-۱۱ فرضیه‌های تحقیق ۱۱
۱-۱۲ دستاوردهای پژوهش ۱۱

فصل دوّم: پیشینه تحقیق

۲-۱ مقدمه ۱۴
۲-۲ نقش سیستم تعلیق ۱۴
۲-۳ تأثیر سختی فنرهای سیستم تعلیق روی سرعت بحرانی هانتینگ ۱۴
۲-۴ تأثیر سختی فنرهای سیستم تعلیق روی پدیده خروج از خط ۱۵
۲-۵ سیر تکاملی وسایل نقلیه ریلی و اثر پدیده هانتینگ درآنها ۱۶
۲-۶ قطارهای آونگی ۱۸
۲-۷ قطارهای مسافری ۱۸

۲-۸ پدیده خروج از خط در قوس ۱۹
۲-۹ درزین OBW-10 ..... ۲۱
۲-۱۰ ضرورت تحقیق ۲۱

فصل سوّم: انواع سیستم‌های تعلیق ریلی و اصطلاحات خطوط ریلی

۳-۱ مقدمه ۲۴
۳-۲ سایش ۲۵
۳-۳ پاره‌ای اصطلاحات و تعاریف مربوط به خطوط ریلی ۲۸
۳-۴ بی‌نظمی هندسی خطوط ریلی ۳۳
۳-۵ مقدار بربلندی (دور) برای جبران کامل نیروهای جانب مرکز ۳۵
۳-۶ هانتینگ ۳۶
۳-۷ شیب مخروط معادل ۳۷
۳-۸ جابجایی جانبی تراورس‌ها (دیلم) ۳۸
۳-۹ درز ریل‌ها ۳۹
۳-۱۰ انواع درز ریل‌ها ۴۰
۳-۱۱ ریل‌های ممتد (CWR) ۴۲
۳-۱۲ جوشکاری ریل‌ها ۴۲
۳-۱۳ سیستم تعلیق خودروهای ریلی ۴۳
۳-۱۴ چرخ‌ها و بوژی‌ها ۴۳
۳-۱۵ بوژی ۴۵
۳-۱۶ سیستم تعلیق اولیه قاب بوژی ۴۸
۳-۱۷ سیستم تعلیق ثانویه بوژی ۴۹
۳-۱۸ بوژی‌های فولادی ریخته‌گری شده ۵۱
۳-۱۹ سیستم تعلیق با میله تعادلی ۵۳
۳-۲۰ سیستم تعلیق لاستیکی ۵۴
۳-۲۱ سیستم تعلیق هوایی ۵۵
۳-۲۲ قسمت‌های مختلف یک بوژی ۵۷

فصل چهارم: مدل‌سازی

۴-۱ مقدمه ۶۱
۴-۲ اجزای سیستم انتقال قدرت درزین OBW- 10..... ۶۲
۴-۳ مدل‌سازی درزین OBW-10 ..... ۶۴
۴-۴ مشخصات سیستم تعلیق درزین OBW-10..... ۶۷
۴-۵ محاسبه ضریب سختی فنر پیچشی..... ۷۵
۴-۶ ضریب میرایی کمک فنر ویسکوز..... ۷۶
۴-۷ حل معادلات دیفرانسیلی در محیط سیمولینک متلب ۷۹
۴-۸ مقدمه‌ای بر آدامز- ریل ۸۴
۴-۹ شبیه‌سازی دینامیکی ۸۵
۴-۱۰ تعریف تماس و پروفیل ریل ۸۹

فصل پنجم: تحلیل و ارزیابی نتایج مدل‌سازی در محیط آدامز- ریل

۵-۱ مقدمه ۹۰
۵-۲ معیار خروج از خط هر تک چرخ ۹۴
۵-۳ معیار خروج از خط محور..... ۹۶
۵-۴ معیار خروج از خط واگن ۹۷
۵-۵ قوس راه آهن..... ۹۸
۵-۶ مقایسه چرخ بحرانی درزین ۵ تن متر با درزین ۱۰ تن متر در حالت بدون بار..... ۱۰۱
۵-۷ مقایسه جابجایی قائم واگن درزین ۵ و ۱۰ تن بدون بار در قوس ۱۵۰ متر..... ۱۰۲
۵-۸ مقایسه خروج از خط ۴ چرخ درزین ۵ تن متر با بار در قوس ۱۵۰ متر..... ۱۰۴
۵-۹ مقایسه خروج از خط درزین ۵ تن متر با درزین ۱۰ تن متر در حالت
با بار در قوس ۱۵۰ متری ۱۰۴
۵-۱۰ مقایسه شتاب قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار در قوس۱۵۰ متری ۱۰۵
۵-۱۱ مقایسه خروج از خط چهار چرخ درزین ۵ تن بدون بار در قوس ۲۲۰ متری.....۱۰۶
۵-۱۲ مقایسه خروج از خط چرخ‌های بحرانی درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار
در قوس ۲۲۰ متری..... ۱۰۷
۵-۱۳ مقایسه خروج از خط چهار چرخ واگن درزین ۵ تن متر با بار
در قوس ۲۲۰ متر ۱۰۸

۵-۱۴ مقایسه خروج از خط چرخ های بحرانی درزین ۵ تن متر با درزین ۱۰ تن متر
در حالت با بار در قوس با شعاع ۲۲۰ متر ۱۰۹
۵-۱۵ مقایسه نمودار شتاب قائم واگن درزین ۵ تن متر با بار و ۱۰ تن متر با بار
در قوس ۲۲۰ متر ۱۱۰
۵-۱۶ مقدار خروج از خط با ناهمواری افتادگی خط
برای درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار..... ..... ۱۱۱
۵-۱۷ مقایسه نمودارهای شتاب قائم بدنه واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار
در حالت افتادگی خط..... .....۱۱۴
۵-۱۸ بررسی و مقایسه اثر درز ریل بر روی شتاب قائم واگن برای درزین‌های
۵ و ۱۰ متر در حالات با بار و بدون بار ۱۱۵
۵-۱۹ محاسبه سرعت هانتینگ غیرخطی ۱۱۷
۵-۲۰ مقایسه جابجایی قائم واگن درزین ۵ تن متر بدون بار
در محیط آدامز- ریل و از طریق روابط تحلیلی..... ۱۲۰
۵-۲۱ شبیه‌سازی تحلیل دینامیکی درزین OBW-10 در مسیر واقعی تهران- میانه ۱۲۲
۵-۲۲ مقایسه خروج از خط درزین ۵ و۱۰ تن متر بدون بار مسیر تهران- میانه ۱۲۳
۵-۲۳ مقایسه خروج از خط درزین ۵ و۱۰ تن متر با بار در قوس
۳۰۰ متر مسیر تهران- میانه ۱۲۴
۵-۲۴ مقایسه شتاب قائم دو درزین ۵ و۱۰ تن متر بدون بار ۱۲۵
۵-۲۵ مقایسه شتاب قائم دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در طول کل مسیر
تهران- میانه ۱۲۶
۵-۲۶ مقایسه RMS عدد سایش درزین ۵ و ۱۰ تن متر در قوس ۳۰۰ متر ۱۲۷
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۶-۱ بحث و نتیجه‌گیری ۱۳۱
۶-۲ پیشنهادها..... ۱۳۲
پیوست الف.. ..... ۱۳۳
نقاط سخت و دستگاه‌های مختصات ساختاری ۱۳۴
نحوهٔ تولید چرخ‌ها ۱۳۶
ساخت مدل جعبه یاتاقان..... ۱۳۷

ساخت فنرهای سیستم تعلیق ۱۳۸
ساخت کمک فنر درزین ۱۳۹
قطعه مجازی ۱۴۰
ساخت تیر عرضی بوژی جلوی درزین ۱۴۱
ضربه‌گیرها ۱۴۲
تعریف ضربه‌گیر در درزین OBW ۱۴۳
ساخت واگن ۱۴۴
کشش واگن ۱۴۶
پیوست ب ۱۴۷
آزمایش تست خستگی کمک فنر ویسکوز درزین OBW-10 ..... ۱۴۷
منابع و مراجع ۱۵۱

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ درزین OBW- 10 ریلی ۴
شکل ۱-۲ سیستم تعلیق محور جلوی درزین ۵
شکل ۱-۳ قسمت‌های مختلف بوژی سه تیکه باری ۷
شکل ۱-۴ قطار آونگی ۸
شکل ۳-۱ مقایسه پروفیل چرخ نو با چرخ ساییده شده ۲۶
شکل ۳-۲ (الف) تماس تک نقطه‌ای (ب) تماس دو نقطه‌ای (ج) تماس همدیس ۲۶
شکل ۳-۳ مقطع طولی یک خط با بالاست ۳۰
شکل ۳-۴ مقطع عرضی یک خط با بالاست ۳۰
شکل ۳-۵ مقطع عرضی یک خط با بالاست ۳۱
شکل ۳-۶ انشعاب به سمت راست در یک سوزن ۳۲
شکل ۳-۷ نمای بالای انشعاب به سمت راست ۳۲
شکل۳-۸ طرحواره نیروهای وارده ۳۵
شکل ۳- ۹ حرکت مجموعه چرخ و محور مطابق مسیر ۳۷
شکل ۳-۱۰ عدم تطابق حرکت چرخ و محور بر مسیر حرکت ۳۷
شکل ۳-۱۱ اثر شیب مخروط معادل ۳۸
شکل ۳-۱۲ وجود دیلم در خط آهن ۳۹
شکل ۳-۱۳ درز ریل دارای تکیه گاه ۴۰
شکل ۳-۱۴ نمایش ظاهری درز ریل معلق ۴۰
شکل ۳-۱۵ نمایش ظاهری درز ریل تقویت شده ۴۱
شکل ۳-۱۶ نحوه استقرار چرخ بر روی ریل در مسیر مستقیم ۴۴
شکل ۳-۱۷ نحوه استقرار چرخ بر روی ریل در قوس خط ۴۴
شکل ۳-۱۸ نحوه استقرار مجموعه چرخ و محور درون قاب بوژی ۴۵
شکل ۳-۱۹چگونگی حرکت مجموعه چرخ و محور درون قاب بوژی ۴۶
شکل ۳-۲۰ طرحواره دسته فنرهای فولادی و نحوه استقرار آن بر روی بوژی ۴۷
شکل ۳-۲۱ طرحواره سیستم تعلیق اوّلیه بوژی ۴۸
شکل ۳-۲۲ طرحواره سیستم تعلیق ثانویه بوژی ۴۹
شکل ۳-۲۳ نمای جانبی بوژی و نحوه استقرار میله فنر و میله‌های شناور ۵۰
شکل ۳-۲۴ نحوه استقرار فنرها بر روی میله فنر ۵۰
شکل ۳-۲۵ نمای جانبی و مقطع بوژی فولاد ریخته‌گری ۵۱
شکل ۳-۲۶ فنربندی گهواره در بوژی ۵۲
شکل ۳-۲۷ بوژی با میله تعادلی ۵۳
شکل ۳-۲۸ جعبه محور با سیستم تعلیق لاستیکی ۵۴

شکل ۳-۲۹ طرحواره بوژی با سیستم تعلیق هوایی ۵۵
شکل ۳-۳۰ نمای جانبی بوژی با سیستم تعلیق هوایی ۵۷
شکل ۳-۳۱ بوژی و متعلقات ۵۸
شکل ۴-۱ درزین OBW-10 ۵ تن متر موجود ۶۱
شکل ۴-۲ نمای بالا شاسی و ضخامت قوطی درزین ۵ تن متر موجود ۶۵
شکل ۴-۳ سطح مقطع شاسی درزین ۱۰ تن متر ارتقاء یافته و ضخامت قوطی تغییر یافته ۶۶
شکل ۴- ۴ درزین OBW-10 مدل شده در نرم افزار سالیدورکز ۶۷
شکل ۴-۵ موقعیت فنرها روی جعبه یاتاقان سر محورها و روی بالشتک ۶۸
شکل ۴-۶ موقعیت کمک فنر در بوژی جلو درزین ۵ تن متر موجود ۶۹
شکل ۴- ۷ میله لولا و اهرم مثلثی ۶۹
شکل ۴-۸ موقعیت لولا روی تیر عرضی و بدنه واگن درزین ۵ تن متر موجود ۷۰
شکل ۴-۹ نمای داخلی کابین مسافری درزین ۵ تن متر موجود ۷۰
شکل ۴-۱۰ نمای بوژی جلو درزین OBW ۷۱
شکل ۴-۱۲ قاب و تیر عرضی بوژی جلو درزین ۷۲
شکل ۴-۱۳ نمای زیر بوژی جلوی درزین ۷۲
شکل ۴-۱۵ ابعاد فنر بکار رفته دردرزین OBW ۷۳
شکل ۴-۱۶ دو نما از درزین مدل شده در نرم‌افزار سالیدورکز ۷۴
شکل ۴-۱۷ ابعاد جعبه یاتاقان سر محورها ۷۴
شکل ۴-۱۸ ابعاد چرخ درزین OBW ۷۴
شکل ۴-۱۹ نمای روبرو و جانبی واگن مسافری درزین OBW ۷۵
شکل ۴-۲۰ مدل ارتعاش عمودی نصف درزین با ناهمواری سینوسی مسیر ۷۶
شکل ۴-۲۱ نمودار حل معادلات با سیمولینک متلب ۸۰
شکل ۴-۲۲ نرخ جابجایی شاسی ۸۱
شکل ۴-۲۳ جابجایی قائم شاسی ۸۲
شکل ۴-۲۴ تغییرات زاویه پیچش ۸۲
شکل ۴-۲۵ مقدار پیچش شاسی ۸۳
شکل ۴-۲۶ تغییرات قائم چرخ جلوی درزین ۸۳
شکل ۴-۲۷ تغییرات قائم چرخ عقب درزین ۸۴
شکل ۴-۲۸ بوژی پیش ساخته با نرم‌افزار آدامز- ریل ۸۵
شکل ۴-۲۹ مجموعه سوار شده بوژی جلو وعقب درزین روی واگن ۸۶
شکل ۴-۳۰ نمای زاویه دور ۸۷
شکل ۴-۳۱ نمای بالای قوس اصلی ۲۲۰ متر همراه با قوس پیوندی ۸۸
شکل ۴-۳۲ فاصله بین دو ریل در ایران ۸۹

شکل ۴-۳۳ پنجره تعریف تحلیل دینامیکی درزین ۵ تن متر بدون بار ۹۱
شکل ۴-۳۴ مدل درزین ساخته شده آماده جهت شبیه‌سازی ۹۱
شکل ۵-۱ نیروهای تماسی بین چرخ و ریل..... ۹۴
شکل ۵-۲ نیروهای تماسی بین چرخ و ریل..... ۹۵
شکل ۵-۳ نمودار ضریب خروج از خط بر حسب زاویه حمله ۹۵
شکل ۵-۴ نمودار نمودار ضریب خروج از خط بر حسب اصطکاک بر اساس تئوری نادال
و وین ستاک ۹۷
شکل ۵-۵ قوس ۱۵۰ متر در محیط شبیه‌سازی..... ۹۹
شکل ۵-۶ نمودار خروج از خط چهار چرخ درزین ۵ تن بدون بار در قوس ۱۵۰ متر ۱۰۰
شکل ۵-۷ نمودار خروج از خط چهار چرخ درزین ۱۰ تن متر بدون بار در قوس ۱۵۰ متر ۱۰۱
شکل ۵-۸ مقایسه ضریب خروج از خط چرخ بحرانی درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار ۱۰۱
شکل ۵-۹ جابجایی قائم واگن درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در قوس ۱۵۰ متر..... ۱۰۲
شکل ۵-۱۰ شتاب قائم دو درزین ۵ و۱۰ تن متر بدون بار در قوس ۱۵۰ متر ۱۰۳
شکل ۵-۱۱ نمودار خروج از خط چهار چرخ درزین ۵ تن متر با بار در قوس ۱۵۰ متری ۱۰۴
شکل ۵-۱۲ نمودار خروج از خط درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۱۵۰ متر ۱۰۵
شکل ۵-۱۳ شتاب قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۱۵۰ متری ۱۰۶
شکل ۵-۱۴ خروج از خط چهار چرخ درزین ۵ تن بدون بار در قوس ۲۲۰ متری ۱۰۷
شکل ۵-۱۵ خروج از خط چرخ‌های بحرانی درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار
در قوس ۲۲۰ متر ۱۰۸
شکل ۵-۱۶ خروج از خط چهار چرخ درزین ۵ تن متر با بار..... ۱۰۹
شکل ۵-۱۷ نمودار خروج از خط درزین ۵ تن متر و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۲۲۰ متر..... ۱۱۰
شکل ۵-۱۸ شتاب قائم واگن درزین ۵ تن متر با بار و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۲۲۰ متر.... ۱۱۱
شکل ۵-۱۹ نمودار خروج از خط چرخ بحرانی ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار با ناهمواری
افتادگی در دو سمت ریل..... ۱۱۲
شکل ۵-۲۰ نمودار شتاب قائم بدنه واگن ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در حالت افتادگی خط ۱۱۳
شکل ۵-۲۱ نمودار شتاب‌های قائم واگن درزین ۵ و۱۰ با بار با ناهمواری افتادگی خط ۱۱۴
شکل ۵-۲۲ نمودار شتاب قائم برای درزین ۵ و۱۰ تن متر بدون بار در حالت درز ریل..... ۱۱۵
شکل ۵-۲۳ نمودار شتاب قائم برای درزین ۵ و۱۰ تن متر با بار در حالت درز ریل ۱۱۶
شکل ۵-۲۴ تعریف مسیر خط هانتینگ در محیط مدیریت فایل..... ۱۱۷
شکل ۵-۲۵ نمودار هانتینگ سرعت- جابجایی عرضی درزین ۵ تن متر بدون بار ۱۱۸
شکل ۵-۲۶ نمودار هانتینگ سرعت- جابجایی عرضی درزین ۱۰تن متر بدون بار ۱۱۸
شکل ۵-۲۷ نمودار هانتینگ سرعت- جابجایی عرضی درزین ۵ تن متر با بار..... ۱۱۹
شکل ۵-۲۸ نمودار هانتینگ سرعت- جابجایی عرضی درزین۱۰ تن متر با بار..... ۱۱۹

شکل ۵-۲۹ ایجاد ناهمواری سینوسی با دامنه ۳ میلی‌متر و طول موج ۱۰ متر
در محیط آدامز- ریل ۱۲۱
شکل ۵-۳۰ نمودار جابجایی بدنه واگن درزین ۵ تن متر بدون بار در محیط آدامز- ریل ۱۲۱
شکل ۵-۳۱ نمودار جابجایی قائم بدنه واگن درزین ۵ تن متر بدون بار در محیط متلب..... ۱۲۲
شکل ۵-۳۲ پروفیل مسیر در کیلومتراژ ۳۱۵ تا ۳۲۰ تهران– میانه ۱۲۳
شکل ۵-۳۳ خروج از خط دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در طول قوس۳۰۰ متر..... ۱۲۴
شکل ۵-۲۷ خروج از خط دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در طول قوس ۳۰۰ متر ۱۲۵
شکل ۵-۳۵ شتاب قائم دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در طول کل مسیر ۱۲۶
شکل ۵-۳۶ شتاب قائم دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در طول کل مسیر ۱۲۷
شکل ۵-۳۷ نمودار سایش دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در قوس ۳۰۰ متر..... ۱۲۸
شکل الف-۱ محورهای مختصات در نرم‌افزار آدامز ۱۳۳
شکل الف-۲ پنجره تعریف HP ۱۳۴
شکل الف-۳ پنجره تعریف زاویه اویلر..... ۱۳۵
شکل الف-۴ پنجره معرفی قید لولا در جهت محور x بین بوژی و واگن درزین ۱۳۶
شکل الف-۵ چرخ و محور درزین OBW و پنجره تعریف آن در محیط آدامز ۱۳۷
شکل الف-۶ پنجره تعریف جعبه یاتاقان محور جلو درزین ۱۳۷
شکل الف-۷ پنجره تعریف فنر سمت چپ، جلویی و سیستم تعلیق اوّلیه مدل شده ۱۳۹
شکل الف-۸ پنجره تعریف فنر سمت چپ، جلویی و سیستم تعلیق اوّلیه مدل شده ۱۳۹
شکل الف -۹ پنجره تعریف کمک فنر محور جلویی درزین ۱۴۰
شکل الف -۱۰ پنجره تعریف قطعه مجازی واگن ۱۴۱
شکل الف - ۱۱ پنجره تعریف تیر عرضی جلوی درزین ۱۴۲
شکل الف- ۱۲ نحوه عمل ضربه‌گیری بین دو قطعه A , B ۱۴۳
شکل الف -۱۳ تعریف ضربه‌گیر درزین در محیط آدامز- ریل..... ۱۴۴
شکل الف-۱۴ نمودار نیروی الاستیک در تعریف ضربه‌گیر بین بوژی جلو و درزین..... ۱۴۴
شکل الف- ۱۵ پنجره ساخت HP واگن ۵ تن متر بدون بار ۱۴۵
شکل الف-۱۶ پنجره تعریف واگن درزین ۵ تن متر بدون بار ۱۴۵
شکل الف-۱۷ پنجره تعریف کشش واگن درزین ۵ تن متر بدون بار..... ۱۴۶
شکل ب -۱ دستگاه اندازه گیر INSTRON 8502..... ۱۴۸
شکل ب-۲ نمودارهای نیرو- زمان و سرعت زمان با فرکانس تحریک
یک هرتز و نیروی تحریک ۶۰ کیلو نیوتن ۱۵۰
شکل ب-۳ نمودارهای نیرو- زمان و سرعت زمان با فرکانس تحریک
یک هرتز و نیروی تحریک ۸۰ کیلو نیوتن ۱۵۰

فهرست جداول

جدول ۳-۱ حدود مجاز سایش ریل UIC60 بر اساس سرعت‌های مجاز هر خط ۲۵
جدول ۳-۲ رواداری‌های مجاز مشخصات هندسی خط ۳۴
جدول ۴-۱ مشخصات فیزیکی درزین ۶۲
جدول ۴-۲ مشخصات فیزیکی موتور ۶۳
جدول ۴-۳ مشخصات فیزیکی گیربکس ۶۳
جدول ۴-۴ مشخصات جرمی درزین OBW مدل شده در نرم‌افزار سالیدورکز ۶۷
جدول ۴-۵ مشخصات نصف مدل درزین ۵ تن متر در حالت بدون بار ۷۹
جدول ۵-۱ مقادیر ضریب خروج از خط بر اساس استاندارد AAR ۹۴
جدول ۵-۲ مقدار RMS خروج از خط برای درزین بدون بار در قوس ۱۵۰ متر ۱۰۲
جدول ۵-۳ حداکثر مقدارجابجایی قائم واگن درزین ۵ و ۱۰ تن بدون بار در قوس ۱۵۰ متر... ۱۰۳
جدول ۵-۴ مقایسه شتاب‌های قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار ۱۰۳
جدول ۵-۵ مقادیر ضریب خروج از خط چرخ‌های بحرانی درزین ۵ و ۱۰ تن با بار
در قوس ۱۵۰ متری ۱۰۵
جدول ۵-۶ شتاب قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۱۵۰ متری ۱۰۶
جدول ۵-۷ مقادیر متوسط خروج از خط چرخ‌های بحرانی درزین ۵ و ۱۰ تن متر
بدون بار در قوس ۲۲۰ متری ۱۰۸
جدول ۵-۸ مقادیر خروج از خط چرخ بحرانی ۵ و ۱۰ تن با بار در قوس ۲۲۰ متر ۱۱۰
جدول ۵-۹ مقادیر حداکثر متوسط شتاب قائم واگن درزین ۵ تن متر با بار و ۱۰ تن متر
با بار در قوس ۲۲۰ متر ۱۱۱
جدول ۵-۱۰ مقادیر اعداد خروج از خط درزین ۵ و ۱۰ تن بدون بار در حالت افتادگی خط ... ۱۱۲
جدول ۵-۱۱ مقدار متوسط شتاب‌های قائم ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در حالت افتادگی خط ... ۱۱۳
جدول ۵-۱۲ داده‌های شتاب‌های قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار در ناهمواری افتادگی ریل.. ۱۱۴
جدول ۵-۱۳ داده‌های شتاب‌های قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر بدون بار در درز ریل ۱۱۶
جدول ۵-۱۴ داده‌های متوسط شتاب‌های قائم واگن ۵ و ۱۰ تن متر با بار در درز ریل..... ۱۱۶
جدول ۵-۱۵ مقادیر سرعت هانتینگ برای درزین ۵ و ۱۰ تن متر در حالت‌های
بدون بار و با بار ۱۲۰
جدول ۵-۱۶ مشخصات کیلومتراژ ۳۱۵ تا ۳۲۰ مسیر تهران- میانه ۱۲۲
جدول ۵-۱۷ مقایسه RMS دو درزین بدون بار در قوس شعاع ۳۰۰ متر ۱۲۴
جدول ۵-۱۸ مقدار RMS خروج از خط درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در قوس ۳۰۰ متر..... ۱۲۵
جدول ۵-۱۹ جدول مقایسه RMS شتاب قائم دو درزین بدون بار در طول
کل مسیر تهران- میانه ۱۲۶

جدول ۵-۲۰ مقایسه RMS شتاب قائم دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار در طول کل
مسیر تهران- میانه..... ۱۲۷
جدول ۵-۲۱ مقادیر RMS سایش دو درزین ۵ و ۱۰ تن متر با بار و بدون بار
در قوس ۳۰۰ متر تهران- میانه ۱۲۹
جدول الف-۱ مقادیر سختی فنر در سه راستای X,Y,Z..... ۱۳۸
جدول ب-۱ فرکانس و نیروهای تحریک تعریف شده برای هر آزمایش..... ۱۴۸

علائم اختصار

ADAMS	Advanced Dynamic Analysis of Mechanical Systems
CWR	Continues Welded Rail
IRW	Independent Rotating Wheelset
CTR	Combind Track Recording
AAR	Associated American Railroad
ODE	Operation Design Experiment
RMS	Root Mean Square
UIC	اتّحادیه بین‌المللی راه آهن‌های اروپا
Simulink	جعبه ابزار شبیه‌سازی متلب

فصل اوّل

طرح مسأله