

مقدمه‌ای بر

اصول طراحی، ساخت و کاربردهای

دستگاه‌های آزمون شوک و ضربه

مؤلف:

دکتر کرامت ملک زاده فرد

دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر

سرشناسه:

ملک زاده فرد، کرامت، ۱۳۴۷ -

عنوان و نام پدید آور:

مقدمه ای بر اصول طراحی، ساخت و کاربردهای دستگاه های آزمون شوک و ضربه / کرامت ملک زاده فرد

مشخصات ظاهری

۴۱۶ صفحه

مشخصات نشر:

انتشارات پژوهشکده صنایع هوایی

شابک:

۸ ۷ - ۹۳۹۹۹ - ۶۰۰ - ۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی:

فیا

شماره کتابشناسی ملی:

۳۸۱۸۳۳۶

نام کتاب: مقدمه ای بر اصول طراحی، ساخت و کاربردهای دستگاه های آزمون شوک و ضربه

مؤلف: دکتر کرامت ملک زاده فرد

ناشر: انتشارات سازمان صنایع هوایی

طراحی جلد: دلارام پری یکر

چاپ و صحافی: چاپ بستکام

نوبت چاپ: اول ۱۳۹۲

شمارگان: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۲۴۰۰۰۰ ریال

شابک: ۸ ۷ - ۹۳۹۹۹ - ۶۰۰ - ۹۷۸ ISBN: 978-600-93999-8-7

آدرس: کیلومتر ۴ بزرگراه شهید لشکری (جاده مخصوص کرج) - جنب گمرک هواپیمایی -

پژوهشکده هوایی تلفن: ۴۴۶۵۹۴۶۲

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی چاپ و نشر، طرح روی جلد و عنوان کتاب با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای انتشارات پژوهشکده صنایع هوایی محفوظ است. هرگونه استفاده بدون مجوز کتبی از ناشر تخلف بوده و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

حق چاپ محفوظ و متعلق به پژوهشکده هوایی است.

پیشگفتار

برای به حداقل رساندن خرابی سیستم‌ها در اثر عدم وجود شرایط مناسب نگهداری و یا قرار گرفتن در شرایط سخت مأموریتی نیاز به درک پدیده‌های مختلف شوک و اثر آن در چرخه کامل عمر سیستم می‌باشد.

بررسی‌های اولیه روی پدیده‌های شوک و ضربه در سال ۱۹۳۰ و در هنگام مطالعه زمین‌لرزه‌ها و تاثیر آنها روی ساختمان‌ها انجام شد. این تحقیقات منجر به پیدایش مفهومی به نام طیف پاسخ شوک^۱ (SRS) شد. آزمون شوک نیز بر روی تجهیزات مختلف در طول جنگ جهانی دوم آغاز شد. با ظهور لرزشگرها^۲ و تحریک‌کننده‌های مختلف و افزایش توان آنها، امکان انجام آزمون‌های شوک ترکیبی (ساختگی)^۳ فراهم گردید. در سال ۱۹۷۰ با توسعه روش‌های کامپیوتری و افزایش توان کامپیوترها، امکان انجام مستقیم آزمون‌ها از طریق تحریک‌کننده‌های مختلف بر اساس یک طیف پاسخ شوک فراهم گردید. آزمون شوک یا ضربه به منظور شبیه‌سازی شرایط واقعی شوک ناشی از برخورد، شوک ناشی از شلیک و یا شوک‌های حاصله در اثر حمل‌ونقل انجام می‌شوند تا میزان مقاومت قطعات و مجموعه‌ها در برابر اعمال بار مکانیکی بررسی شود؛ به عبارت دیگر هدف از آزمون شوک کسب اطمینان از مقاومت و عملکرد قابل اطمینان یک مجموعه در برابر شوک‌های غیرتکراری و یا ارتعاشات گذرای است که هنگام حمل و نقل یا شرایط عملیاتی مجموعه ممکن است به آن وارد شود. برای آزمون شوک راه‌های گوناگونی مانند استفاده از سیلندرهای ضربه،

^۱ Shock Response Spectrum

^۲ Shakers

^۳ Synthetic

تفنگ‌های بادی، انرژی پتانسیل فنر، سقوط چکش، و یا انرژی حاصل از سقوط آزاد وجود دارد که ساده‌ترین آن‌ها استفاده از سقوط آزاد می‌باشد. صدمات ناشی از تأثیر شوک بر روی دستگاه، به صورت شکست^۱ قطعه یا قطعاتی از آن و یا بروز اختلال^۲ در عملکرد مجموعه ظاهر می‌شود. علت شکست اجزا پیدایش نیروهای مکانیکی یا تنش‌ها و تغییر طول‌های فراتر از حد تحمل آن‌ها است. شکست در اجزا ممکن است در پی اولین مرتبه و یا بعد از چند بار تکرار شرایط غیرقابل تحمل به‌وجود آید. در حالت بعد شکست در اثر پدیده خستگی^۳ بروز می‌کند و در این حالت یک عمر مفید برای قطعه به صورت تعداد دفعات تحمل شوک قبل از شکست تعریف می‌شود. بروز اختلال در عملکرد دستگاه می‌تواند در نتیجه بروز شکست و یا در اثر بروز تغییر مکان یا تغییر شکل در اجزای آن به‌وجود آید. تغییر مکان و جابجایی بیش از حد در اجزای مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی می‌تواند باعث اتصال سیم‌ها و پایه به یکدیگر شده و نتیجتاً عملکرد مدار را مختل می‌سازد. انحراف از موقعیت و چرخش محورهای ژيروسکوپ تحت تأثیر شوک‌های مکانیکی می‌تواند عامل بروز خطا و اختلال در کار سیستم هدایت شود. شوک ناشی از روشن شدن ناگهانی موتورهای راکت در لحظه پرتاب ممکن است باعث انفجار ناخواسته مواد منفجره داخل آن گردد.

کتاب حاضر از ۱۰ فصل تشکیل شده است که در فصل اول با مقدمه‌ای بر عوامل شوک آشنا می‌شوید. در*، انواع مختلف دستگاه‌های آزمون شوک و مکانیزم‌های حرکتی آنها بررسی شده و قطعات و اجزاء هندسه، و ظرفیت آنها بررسی می‌شود. در ادامه چند کاتالوگ از این دستگاه‌ها مطالعه شده و مشخصات فنی آنها بررسی

^۱ Failure

^۲ Degradation

^۳ Fatigue

می‌گردد. در فصل ۳ مباحث تئوریک و مفاهیم شوک و ارتعاشات بحث شده و مروری بر تعاریف و تحلیل شوک می‌شود. در این فصل بعد از تعاریف و اصطلاحات رایج، مباحثی همچون آنالیز شوک در حوزه زمان، طیف انرژی، تبدیل فوریه، تحلیل در حوزه زمان فرکانس، طیف پاسخ شوک و سینماتیک شوک‌های ساده بررسی شده است. در فصل ۴ مبحث استانداردهای حاکم بر دستگاه‌های آزمون شوک آورده شده است. در این فصل بعد از تعریف سازمان‌ها و کمیته‌های استاندارد، چند استاندارد معرفی و به مباحث مربوط به هر استاندارد اشاره شده است. در فصل ۵ نیز تجهیزات موجود در دستگاه‌های آزمون شوک سقوطی بررسی می‌شود. در فصل ۶ محاسبات مربوط به طراحی مفهومی دستگاه آزمون شوک آورده شده است. فصل ۷ به طراحی شماتیک مدار فرمان اولیه و تشریح عملکرد یک دستگاه آزمون شوک سقوطی می‌پردازد. در این فصل سیستم اخذ و پردازش اطلاعات تشریح و همچنین روش‌ها و تجهیزات مرتبط با آن بیان می‌شود. در فصل ۸ به شبیه‌سازی عددی پاسخ دستگاه آزمون شوک در قالب یک مثال پرداخته می‌شود. در فصل ۹ با دستگاه‌های آزمون ضربه و اصول طراحی آنها آشنا می‌شوید. با توجه به اینکه تمام تلاش نویسنده کتاب حاضر، معطوف به تالیف کتابی بی نقص و عاری از اشتباه بوده ولی با این وجود، مجموعه‌ای در دسترس خالی از اشتباه نمی‌باشد. لذا نظرات و پیشنهادات اساتید، دانشجویان، پژوهشگران و صنعتگران عزیز، ما را در جهت بهبود آن یاری خواهد داد. شما می‌توانید هر گونه پیشنهاد و انتقاد خود را از طریق پست الکترونیکی به آدرس K.maleckzadeh@gmail.com ارسال فرمائید. امید است اجر معنوی این کار شامل همه عزیزانی باشد که ما را با راهنمایی‌ها و کمک‌های خویش مرهون عنایت خود نمودند. در این رابطه از آقایان مهندس خدایاری و مهندس ظهوربین که مرا در

نگارش این کتاب در مورد اصلاحات کتاب راهنمایی و مساعدت فرموده‌اند کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

من الله توفیق - دکتر کرامت ملک زاده

بهار ۹۴

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر عوامل شوک	۰
۱-۱ عوامل مولد شوک	۱
۱-۱-۱ حمل و نقل ریلی	۲
۱-۱-۲ حمل و نقل دریایی	۲
۱-۱-۳ حمل و نقل جاده‌ای	۳
۱-۱-۴ بارگیری و باربرداری	۳
۱-۱-۵ انبارداری	۴
۱-۱-۶ تعمیر و نگهداری	۴
۱-۱-۷ شوک ناشی از پرتاب	۵
۱-۱-۸ شوک ناشی از برخورد	۵
فصل دوم: بررسی انواع دستگاه‌های آزمون شوک؛ هندسه و ظرفیت آنها	۶
۱-۲ مقدمه‌ای بر دستگاه‌های آزمون شوک	۷
۱-۲-۱ ماشین‌های آونگی مجهز به چکش	۷
۱-۲-۲ ماشین‌های سقوط بر شن	۸
۲-۲ تجهیزات آزمونی امروزه	۹
۱-۲-۲ ماشین‌های سقوط آزاد	۹
۲-۲-۲ ماشین‌های نیوماتیکی	۱۰
۳-۲-۲ محرک‌های (لرزانده‌های) الکترودینامیکی	۱۰
۴-۲-۲ ماشین‌های غیرمعمول (نامتعارف)	۱۰
۵-۲-۲ آزمون شوک روی عرشه کشتی	۱۰
۶-۲-۲ شوک انفجاری	۱۱
۳-۲ ماشین‌های آزمون شوک از نوع برخوردی	۱۱
۴-۲ ماشین آزمون شوک یونیورسال	۱۷
۵-۲ ماشین آزمون شوک ضربه بالا	۱۸
۱-۵-۲ ماشین آزمون شوک ضربه بالای سبک وزن	۱۸
۲-۵-۲ ماشین ضربه بالا برای تجهیزات با وزن متوسط	۲۰

۶-۲	ماشین‌های پنیوماتیکی	۲۲
۷-۲	امکانات آزمون خاص	۲۳
۱-۷-۲	آزمون کننده‌های سقوطی	۲۳
۲-۷-۲	تفنگ گازی	۲۳
۳-۷-۲	آزمون کننده‌های برخوردی با سطح شیب‌دار	۲۴
۸-۲	شبیه‌سازها	۲۴
۱-۸-۲	بازه زمانی شوک	۲۵
۲-۸-۲	بیش‌ترین تغییر شکل شبیه‌ساز	۲۶
۳-۸-۲	دامنه شوک	۲۶
۴-۸-۲	مشخصات هدف	۲۷
۵-۸-۲	زمان توزیع موج شوک	۲۹
۶-۸-۲	بازگشت	۳۰
۷-۸-۲	مثال	۳۲
۸-۸-۲	برخی نکات خاص	۳۳
۹-۲	ماده الاستومریک	۳۴
۱۰-۲	بررسی کاتالوگ‌های مربوط به دستگاه‌های آزمون شوک به منظور امکان‌سنجی	۳۵
۱-۱۰-۲	مشخصات فنی دستگاه‌های بررسی شده برای آزمون شوک	۳۶
۱-۱۰-۲	دسته‌بندی از لحاظ محدوددهی شتاب (g)	۳۸
۲-۱۰-۲	دسته‌بندی از لحاظ ابعاد میز (mm)	۳۹
۳-۱۰-۲	دسته‌بندی از لحاظ جرم نمونه (kg)	۴۰
۴-۱۰-۲	دسته‌بندی از لحاظ محدوده زمان برخورد (ms)	۴۱
۵-۱۰-۲	بررسی دستگاه‌های آزمون شوک شرکت Lansmont	۴۲
۶-۱۰-۲	تقویت کننده شوک شرکت LAB	۴۶
۲-۱۰-۲	برخی نکات بدست آمده از بررسی کاتالوگ‌ها	۵۱
۱۱-۲	خلاصه و جمع‌بندی	۵۲
۵۳	فصل سوم: مروری بر مبانی تئوری شوک و ارتعاشات	
۵۴	مقدمه	
۵۴	۱-۳ مفاهیم اولیه	

۵۶	 ۲-۳ تحلیل شوک
۵۶	 ۱-۲-۳ تعریف شوک
۵۷	 ۲-۲-۳ سیگنال گذرا
۵۸	 ۳-۲-۳ تکان
۵۸	 ۴-۲-۳ شوک ساده (یا کامل)
۵۸	 ۱-۴-۲-۳ شوک نیم-سینوسی
۵۹	 ۲-۴-۲-۳ شوک Versed sine (یا Haversine)
۶۰	 ۳-۴-۲-۳ شوک دندانه ارهای با قله انتهایی (TPS یا FPS)
۶۱	 ۴-۴-۲-۳ شوک دندانه ارهای با قله ابتدایی (IPS)
۶۱	 ۵-۴-۲-۳ شوک مربعی
۶۲	 ۶-۴-۲-۳ شوک ذوزنقه‌های
۶۲	 ۷-۴-۲-۳ پالس سینوسی میرا
۶۳	 ۸-۴-۲-۳ آزمون تکان ممتد
۶۳	 ۳-۳ آنالیز شوک در حوزه زمان
۶۴	 ۱-۳-۳ تبدیل فوریه
۶۴	 ۱-۱-۳-۳ تعریف
۶۶	 ۲-۱-۳-۳ تبدیل فوریه کاهش یافته
۶۶	 ۲-۳-۳ تبدیلهای فوریه انواع شوکهای ساده
۶۶	 ۱-۲-۳-۳ پالس نیم سینوسی
۶۸	 ۲-۲-۳-۳ پالس versed sine
۶۹	 ۳-۲-۳-۳ پالس TPS
۷۰	 ۴-۲-۳-۳ پالس IPS
۷۲	 ۵-۲-۳-۳ پالس مثلثی دلخواه
۷۳	 ۶-۲-۳-۳ پالس مربعی
۷۵	 ۷-۲-۳-۳ پالس ذوزنقه‌های
۷۶	 ۳-۳-۳ مفهوم تبدیل فوریه یک پالس شوک
۷۸	 ۴-۳-۳ اهمیت تبدیل فوریه
۸۰	 ۴-۳ طیف انرژی
۸۰	 ۱-۴-۳ انرژی بر اساس فرکانس

- ۳-۴-۲ طیف انرژی متوسط ۸۱
- ۳-۵-۵ محاسبات کاربردی و سودمند تبدیل فوریه ۸۲
- ۳-۵-۱ وضعیت ۱: سیگنال هنوز دیجیتال (گسسته) نشده است ۸۲
- ۳-۵-۲ وضعیت ۲: سیگنال از قبل دیجیتال شده است ۸۵
- ۳-۵-۳ اضافه کردن صفرها به سیگنال شوک قبل از محاسبه تبدیل فوریه آن ۸۵
- ۳-۶-۶ علاقه‌مندی به تحلیل در حوزه زمان-فرکانس ۸۹
- ۳-۶-۱ محدودیت تبدیل فوریه ۸۹
- ۳-۶-۲ تبدیل فوریه مختصر (STFT) ۹۲
- ۳-۷-۷ طیف پاسخ شوک ۹۴
- ۳-۷-۱ قواعد اصلی ۹۴
- ۳-۷-۲ پاسخ یک سیستم یک درجه آزادی خطی در اثر تحریک شوک ۹۸
- ۳-۷-۲-۱ شوک تعریف شده توسط نیرو ۹۸
- ۳-۷-۲-۲ شوک تعریف شده توسط شتاب پایه ۱۰۰
- ۳-۷-۳ پاسخ سیستم یک درجه آزادی به شوک‌های ساده ۱۰۳
- ۳-۷-۳-۱ پالس نیم سینوسی ۱۰۳
- ۳-۷-۳-۲ پالس مستطیلی ۱۰۷
- ۳-۷-۳-۳ پالس شوک دندان‌اره‌ای با نقطه اوج انتهایی (TPS) ۱۰۹
- ۳-۷-۳-۴ پالس شوک دندان‌اره‌ای اوج ابتدا (IPS) ۱۱۱
- ۳-۷-۴ طیف پاسخ شوک ۱۱۲
- ۳-۷-۴-۱ طیف پاسخ ۱۱۲ ۱۱۲
- ۳-۷-۴-۲ طیف پاسخ شوک شتاب مطلق ۱۱۲
- ۳-۷-۴-۳ طیف شوک جابجایی نسبی ۱۱۳
- ۳-۷-۴-۴ طیف پاسخ شوک مثبت مقدماتی (یا اولیه) ۱۱۴
- ۳-۷-۴-۵ طیف پاسخ شوک منفی مقدماتی (یا اولیه) ۱۱۴
- ۳-۷-۴-۶ طیف پاسخ شوک ثانویه (یا مانده) ۱۱۴
- ۳-۷-۴-۷ طیف پاسخ شوک مثبت (یا مثبت بیشینه) ۱۱۵
- ۳-۷-۴-۸ طیف پاسخ شوک منفی (یا منفی بیشینه) ۱۱۵
- ۳-۷-۴-۹ طیف پاسخ شوک Maximax ۱۱۵
- ۳-۷-۴-۱۰ انتخاب طیف پاسخ شوک ۱۱۶

۱۱۷.....	۱۱-۴-۷-۳ طیف های پاسخ شوک استاندارد شده
۱۱۸.....	۱۲-۴-۷-۳ تفاوت بین طیف پاسخ شوک (SRS) و طیف پاسخ بینهایت (ERS)
۱۱۸.....	۱۳-۴-۷-۳ طیف های پاسخ شوک استاندارد شده تعدادی از شوک های ساده
۱۲۴.....	۱۴-۴-۷-۳ پالس دندانداره ای با اوج اولیه
۱۲۷.....	۵-۷-۳ مقایسه SRS شکل های معمول از شوک های ساده
۱۲۸.....	۶-۷-۳ انتخاب مقدار ضریب میرایی
۱۲۹.....	۷-۷-۳ SRS تعریف شده توسط جابجایی مطلق تکیهگاه
۱۲۹.....	۸-۷-۳ تاثیر دامنه و بازه زمانی شوک روی SRS آن
۱۳۱.....	۹-۷-۳ انتخاب فرکانس نمونه برداری (دیجیتال کردن) سیگنال
۱۳۶.....	۱۰-۷-۳ مثالی درباره نحوه استفاده از منحنی SRS
۱۳۶.....	۸-۳ سینماتیک شوک های ساده
۱۳۷.....	۱-۸-۳ ضربه نیم سینوسی
۱۳۷.....	۱-۱-۸-۳ عبارت های کلی مربوط به حرکت شوک
۱۳۹.....	۲-۱-۸-۳ مود ایمپالس
۱۴۰.....	۳-۱-۸-۳ مود ضربه
۱۵۱.....	۹-۳ خلاصه و جمع بندی

فصل چهارم: استانداردهای حاکم بر عملکرد و نحوه کالیبراسیون دستگاه های آزمون

۱۵۲.....	شوک
۱۵۳.....	مقدمه
۱۵۳.....	۱-۴ سازمان ها و کمیته های استاندارد
۱۵۴.....	۲-۴ فعالیت های مربوط به استانداردهای مختلف
۱۵۵.....	۱-۲-۴ اصطلاحات فنی
۱۵۵.....	۲-۲-۴ نحوه استفاده و کالیبراسیون ترانسیدوسرها و ابزار آلات
۱۵۶.....	۳-۲-۴ مولدهای شوک و ارتعاش
۱۵۷.....	۴-۲-۴ سازه ها و سیستم های سازه ای
۱۵۷.....	۵-۲-۴ دستگاه ها و ماشین آلات
۱۵۸.....	۶-۲-۴ انجام آزمون
۱۵۸.....	۱-۶-۲-۴ استانداردهای بین المللی

۱۵۹	۲-۶-۲-۴ استانداردهای DoD
۱۶۰	۳-۴ استاندارد MIL-STD-202G روش 213B شوک (یک پالس شوک مشخص)
۱۶۰	۱-۳-۴ هدف
۱۶۰	۲-۳-۴ تجهیزات و ملزومات مربوطه
۱۶۰	۱-۲-۳-۴ دستگاه شوک
۱۶۳	۲-۲-۳-۴ مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری
۱۶۶	۳-۲-۳-۴ کاربرد تجهیزات اندازه‌گیری شوک
۱۶۷	۳-۳-۴ پالس‌های شوک
۱۶۷	۱-۳-۳-۴ پالس شوک نیم سینوسی
۱۶۸	۲-۳-۳-۴ پالس شوک دندانانه اره‌ای
۱۶۹	۴-۳-۴ روش انجام آزمون
۱۶۹	۱-۴-۳-۴ آزمون‌های اصلی مربوط به فرآیند طراحی
۱۷۱	۵-۳-۴ اندازه‌گیریها
۱۷۱	۴-۴ استاندارد ISO 8568، ماشین‌های آزمون شوک مکانیکی، مشخصات و نحوه عملکرد آنها
۱۷۱	۱-۴-۴ هدف
۱۷۲	۲-۴-۴ دستگاه‌های آزمون شوک
۱۷۴	۱-۲-۴-۴ کلیات دستگاه‌های آزمون شوک متداول
۱۷۷	۲-۲-۴-۴ نیازمندی‌های دستگاه‌های آزمون شوک
۱۸۱	۳-۴-۴ وسایل تولیدکننده شکل پالس‌های مختلف
۱۸۱	۱-۳-۴-۴ وسایل ایجاد شکل پالس‌های نیم سینوسی و مثلثی
۱۸۳	۲-۳-۴-۴ وسایلی برای تولید پالس‌های مستطیلی و دوزنقه‌ای
۱۸۴	۳-۳-۴-۴ وسایلی برای تولید پالس‌های دندانانه اره‌ای دارای نقاط اوج
۱۸۶	۴-۴-۴ طیف پاسخ شوک و سایر ویژگی‌های شکل‌های پالس
۱۸۸	۵-۴ استانداردهای MIL-STD-1540 B و MIL-STD-1540 D
۱۸۸	۱-۵-۴ تعاریف
۱۸۸	۱-۱-۵-۴ آزمون پذیرش
۱۸۹	۲-۱-۵-۴ آزمون توسعه
۱۸۹	۳-۱-۵-۴ ماکزیمم محیط پیرو شوک پیش‌بینی شده
۱۹۰	۴-۱-۵-۴ آزمون‌های ارزیابی قبل از پرواز

- ۱۹۰ ۵-۱-۵-۴ آزمون تایید صلاحیت
- ۱۹۰ ۲-۵-۴ نیازمندیهای کلی
- ۱۹۰ ۱-۲-۵-۴ فلسفه انجام آزمون ها
- ۱۹۱ ۲-۲-۵-۴ آزمون توسعه
- ۱۹۱ ۳-۲-۵-۴ آزمون تایید صلاحیت
- ۱۹۲ ۴-۲-۵-۴ آزمون پذیرش
- ۱۹۳ ۵-۲-۵-۴ آزمون صحت سنجی پیش از پرواز
- ۱۹۳ ۶-۲-۵-۴ سایر آزمون ها
- ۱۹۵ ۳-۵-۴ اهداف آزمون صحت سنجی
- ۱۹۶ ۴-۵-۴ فعالیت های صحت سنجی
- ۱۹۷ ۵-۵-۴ جزئیات نیازمندی ها
- ۱۹۷ ۱-۵-۵-۴ روش های صحت سنجی
- ۱۹۸ ۲-۵-۵-۴ تحلیل
- ۱۹۸ ۳-۵-۵-۴ آزمون
- ۱۹۹ ۳-۵-۵-۴ بازرسی
- ۱۹۹ ۴-۵-۵-۴ اثبات تجربی
- ۱۹۹ ۵-۵-۵-۴ تشابه
- ۲۰۰ ۶-۵-۴ آزمون تایید صلاحیت
- ۲۰۰ ۱-۶-۵-۴ آزمون های تایید صلاحیت وسایل نقلیه
- ۲۰۱ ۲-۶-۵-۴ آزمون پیروشوک، تایید صلاحیت وسیله نقلیه
- ۲۰۳ ۷-۵-۴ آزمون های تایید صلاحیت قطعه
- ۲۰۶ ۱-۷-۵-۴ آزمون پیروشوک، تایید صلاحیت قطعه
- ۲۰۸ ۸-۵-۴ آزمون های پذیرش
- ۲۰۸ ۱-۸-۵-۴ آزمون های پذیرش وسایل نقلیه فضایی
- ۲۱۰ ۲-۸-۵-۴ آزمون پیروشوک، پذیرش وسیله نقلیه فضایی
- ۲۱۰ ۶-۴ ISO 2017 ارتعاشات و شوک- ایزولاتور- روندی برای تعیین مشخصات [۴۳]
- ۲۱۰ ۱-۶-۴ مقدمه
- ۲۱۲ ۲-۶-۴ میدان و حوزه کاربرد
- ۲۱۲ ۷-۴ ISO 2041- ارتعاشات و شوک- لغات فنی

۲۱۲	۱-۷-۴ تعاریف
۲۱۲	۲-۷-۴ سیستم ایزولاسیون
۲۱۲	۳-۷-۴ محدوده بار
۲۱۳	۴-۷-۴ سختی استاتیکی
۲۱۳	۸-۴ مشخصات
۲۱۳	۱-۸-۴ اطلاعات فراهم شده توسط مصرف‌کننده
۲۱۳	۱-۱-۸-۴ توصیف کلی از مسئله ایزولاسیون
۲۱۳	۲-۱-۸-۴ داده‌هایی درمورد آیتم یا آیتم‌هایی که باید نصب شوند
۲۱۷	۳-۱-۸-۴ داده‌هایی درباره سازه تکیه‌گاه
۲۱۷	۴-۱-۸-۴ داده‌های محیطی
۲۱۹	۲-۸-۴ اطلاعات تأمین شده توسط سازنده
۲۱۹	۱-۲-۸-۴ داده‌های فیزیکی
۲۲۰	۲-۲-۸-۴ داده‌های عملکردی
۲۲۲	۳-۲-۸-۴ داده‌های محیطی
۲۲۳	۴-۲-۸-۴ داده‌های تعمیر و نگهداری
۲۲۳	۹-۴ خلاصه و جمع بندی

۲۲۵	فصل پنجم تجهیزات بکار رفته در دستگاه‌های آزمون شوک سقوطی
۲۲۶	۱-۵ انواع مکانیزم های بالابر
۲۳۰	۲-۵ انواع ترمز
۲۳۲	۳-۵ انواع میل راهنماها
۲۳۳	۴-۵ بوش های لغزنده روی میل راهنماها
۲۳۴	۵-۵ فنرهای بادی (بالشتک های هوا)
۲۳۵	۶-۵ جاذب های شوک
۲۳۸	۷-۵ مواد موجود در بازار برای ساخت قطعات دستگاه

۲۴۱	فصل ششم محاسبات و طراحی مفهومی دستگاه آزمون شوک
۲۴۲	۱-۶ محاسبات اولیه طرح مفهومی دستگاه

۲-۶	مدلسازی عددی شوک در نرمافزار ABAQUS	۲۴۹
۳-۶	بررسی تفاوت بین محاسبات و واقعیت	۲۵۱

فصل هفتم طراحی شماتیک مدار فرمان اولیه و تشریح عملکرد دستگاه به کمک مدار

فرمان	۲۵۳
۱-۷ سیستم اخذ، ثبت و پردازش اطلاعات (DAQ)	۲۵۴
۱-۱-۷ سنسورها	۲۵۵
۲-۱-۷ شتاب سنج‌ها	۲۵۷
۱-۲-۱-۷ مواد حسگر پیزو الکتریک	۲۵۷
۲-۲-۱-۷ کوارتز	۲۶۲
۳-۲-۱-۷ سرامیک‌ها	۲۶۳
۴-۲-۱-۷ شتاب‌سنج‌های حالت برشی	۲۶۴
۵-۲-۱-۷ شتاب سنج های خازنی	۲۶۵
۳-۱-۷ دیتا لاگرها	۲۶۷
۱-۳-۱-۷ دیتالاگر یکپارچه	۲۶۸
۲-۳-۱-۷ سیستم اخذ اطلاعات و کنترل بر مبنای PCI	۲۷۳
۴-۱-۷ سخت افزار DAQ	۲۷۴
۵-۱-۷ نرم افزار DAQ	۲۷۵
۲-۷ روش‌ها و تجهیزات سیستم اخذ اطلاعات و کنترل دستگاه اندازه‌گیری شوک	۲۷۸
۱-۲-۷ سیستم اخذ اطلاعات و کنترل نوع ۱	۲۷۸
۲-۲-۷ سیستم اخذ اطلاعات و کنترل نوع ۲	۲۸۱
۳-۷ خلاصه و جمع بندی	۲۸۱

فصل هشتم شبیه سازی دینامیکی سقوط آزاد دستگاه آزمون شوک و تحلیل نتایج

مقدمه	۲۸۵
۱-۸ تعیین معادله شتاب میز اصلی دستگاه و شبیه سازی نرم افزاری	۲۸۵
۱-۱-۸ حل معادلات دیفرانسیل شامل مقدار اولیه در متلب	۲۹۰
۱-۱-۱-۸ حل معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم و بالاتر	۲۹۰

۲۹۷	۸-۱-۲ افزایش ارتفاع.....
۲۹۷	۸-۱-۳ محدودیت های مهندسی.....
۲۹۸	۸-۱-۴ تقویت کننده شوک.....
۲۹۹	۸-۲ شبیه سازی دینامیکی دستگاه شوک با تقویت کننده.....
۳۰۲	۸-۲-۱ حل دستگاه معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم به کمک متلب.....
۳۱۳	۸-۳ روش اجزا محدود.....
۳۱۷	۸-۳-۱ ارکان روش اجزای محدود.....
۳۱۹	۸-۳-۲ روش تحلیل.....
۳۲۰	۸-۳-۳ نرم افزار المان محدود LS DYNA.....
۳۲۱	۸-۳-۳-۱ مدل کردن دستگاه در نرم افزار.....
۳۲۳	۸-۳-۳-۲ بررسی توزیع تنش ون مایرز.....
۳۲۸	۸-۳-۳-۳ بررسی نمودارهای شتاب ، جابجایی و نیروی برخورد.....
۳۳۰	۸-۳-۴ نرم افزار المان محدود اباکوس.....
۳۳۱	۸-۴-۳-۱ مدل سازی در نرم افزار.....
۳۳۴	۸-۴-۳-۲ بررسی توزیع تنش ون مایرز.....
۳۳۹	۸-۴-۳-۳ بررسی نمودارهای شتاب ، جابجایی و نیروی برخورد.....
۳۴۲	۸-۳-۵ مقایسه نتایج حاصل از دو نرم افزار المان محدود اباکوس و آل اس داینا.....
۳۴۲	۸-۳-۶ شبیه سازی دینامیکی دستگاه شوک به کمک نتایج حاصل از نرم افزار المان محدود.....
۳۴۳	۸-۳-۶-۱ شبیه سازی سقوط از ارتفاع ۲ متر.....
۳۴۷	۸-۳-۶-۲ شبیه سازی سقوط از ارتفاع ۳ متر.....

فصل نهم دستگاه‌های آزمون ضربه پر سرعت بر روی سازه‌ها و اصول طراحی آنها..... ۳۵۲

۳۵۳	۹-۱ پاسخ ضربه کامپوزیت های چند لایه و ساندویچی.....
۳۵۴	۹-۲ ضربه سرعت پایین (LVI).....
۳۵۶	۹-۳ تجهیزات آزمایش.....
۳۵۶	۹-۴ آزمایش ضربه ایزود و شاریپی.....
۳۵۸	۹-۵ آزمایش ضربه وزنه افتادن تجهیز شده.....
۳۵۹	۹-۶ ضربه بالستیک.....
۳۶۱	۹-۷ مکانیزم آتش باری.....

۳۶۳	۸-۹ کنترل شیر آتش باری
۳۶۳	۹-۹ سیال کاری
۳۶۳	۱۰-۹ لوله آتش
۳۶۴	۱۱-۹ محفظه تله انداز
۳۶۴	۱۲-۹ نگه دارنده نمونه
۳۶۵	۱۳-۹ تجهیزات
۳۶۵	۱۴-۹ دریافت کننده جامع
۳۶۸	۱۵-۹ پارامترهای ضربه بالستیک
۳۷۰	۱۶-۹ قطعات، ساخت و مونتاژ دستگاه آزمون ضربه
۳۷۱	۱-۱۶-۹ شمای کلی دستگاه
۳۷۳	۲-۱۶-۹ میز کار
۳۷۵	۳-۱۶-۹ کپسول شلیک
۳۷۸	۴-۱۶-۹ محل قرارگیری گلوله
۳۷۸	۵-۱۶-۹ لوله شلیک
۳۷۹	۶-۱۶-۹ نگهدارنده نمونه
۳۸۱	۱-۶-۱۶-۹ انکودر
۳۸۲	۲-۶-۱۶-۹ جکها
۳۸۳	۳-۶-۱۶-۹ استاپر
۳۸۴	۷-۱۶-۹ تله گلوله
۳۸۵	۸-۱۶-۹ سنسور محاسبه سرعت ثانویه
۳۸۷	۹-۱۶-۹ کمپرسور
۳۹۰	۱۰-۱۶-۹ سنسور محاسبه سرعت اولیه
۳۹۱	۱۱-۱۶-۹ محفظه محافظ
۳۹۲	۱۲-۱۶-۹ صفحه کنترل