INSO
14571
1st. Edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۵۷۱
چاپ اول

پاسخ انسان به ارتعاش – دستگاه‌های اندازه‌گیری

Human response to vibration — Measuring instrumentation

ICS:13.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« پاسخ انسان به ارتعاش – دستگاه‌های اندازه‌گیری»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
راعی، جلال (کارشناسی ارشد مدیریت)	عضو هیات علمی دانشکده برق دانشگاه هوایی شهید ستاری و کارشناس استاندارد
دبیر:	
بستان دوست راد، احسان (کارشناسی مهندسی صنایع)	رئیس هیأت مدیره شرکت مهندسی سیستم-های مدیریت قابلیت اعتماد توازن
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
استاد حسین، روح ا.. (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس مدیران خودرو
اسمی خان، علی (کارشناس مهندسی مکانیک)	کارشناس
افراز، شهاب (کارشناسی مهندسی کامپیوتر)	مدیر تدوین شرکت مهندسی سیستم‌های مدیریت قابلیت اعتماد توازن
حکیمی زاده، صدف (کارشناسی ارشد مترجمی زبان)	کارشناس شرکت مهندسی سیستم‌های مدیریت قابلیت اعتماد توازن
سیدی نیاکی، کیوان (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	عضو هیات علمی سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران
کوماسی، حامد (کارشناسی مهندسی معدن)	کارشناس کنترل کیفی معدن تهران شن
نصرتی، ایمان (کارشناس مهندسی مکانیک)	مدیر فنی پایکار بنیان پنل

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش گفتار	ح
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۲
۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها	۳
۴ شرایط محیطی مرجع	۱۰
۵ مشخصات عملکرد	۱۱
۵-۱ ویژگی های کلی	۱۱
۵-۲ نمایش بزرگی سیگنال	۱۳
۵-۲-۱ کلیات	۱۳
۵-۲-۲ نرخ بازنویسی و تفکیک پذیری	۱۳
۵-۲-۳ پایدارسازی، شروع اندازه‌گیری و زمان های نمایش	۱۴
۵-۳ خروجی الکتریکی	۱۴
۵-۴ حساسیت ارتعاش	۱۵
۵-۶ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد	۱۶
۵-۶-۱ پارامترها	۱۶
۵-۶-۲ فیلتر محدود کننده ی باند	۱۶
۵-۶-۳ فیلتر انتقال a-v	۱۷
۵-۶-۴ فیلتر گام رو به بالا	۱۷
۵-۶-۵ وزن دهی بسامد کل	۱۷
۵-۶-۶ رواداری ها	۱۸
۵-۷ خطی بودن دامنه ی نوسان	۱۹
۵-۸ نوفه دستگاه	۲۰
۵-۹ پاسخ سیگنال-برست	۲۰
۵-۱۰ نشاندهی اضافه بار	۲۳
۵-۱۱ نشاندهی زیر گستره	۲۴
۵-۱۲ میانگین گیری زمانی	۲۴
۵-۱۳ تسریع r.m.s. متحرک	۲۴
۵-۱۴ بازنشانی	۲۵

ادامه‌ی فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
۵-۱۵ امکانات زمان سنجی	۲۵
۵-۱۶ تداخل سیگنالی الکتریکی	۲۶
۵-۱۷ ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش	۲۶
۵-۱۸ منبع تغذیه	۲۶
۶ نصب	۲۶
۷ معیارهای محیطی و الکترومغناطیسی	۲۷
۷-۱ کلیات	۲۷
۷-۲ دمای هوا	۲۷
۷-۳ دمای سطح	۲۷
۷-۴ تخلیه ی الکترواستاتیک	۲۸
۷-۵ انتشارات بسامد رادیویی و اختلالات منبع تغذیه عمومی	۲۸
۷-۶ مصونیت در برابر میدان های بسامد برق.a.c و میدان های بسامد رادیویی	۲۹
۷-۷ دخول آب و خاک	۳۰
۸ تدارکات استفاده با وسیله های کمکی	۳۰
۹ علامت گذاری دستگاه	۳۱
۱۰ مستندات دستگاه	۳۱
۱۱ آزمون و کالیبراسیون	۳۱
۱۲ سنجش الگو	۳۳
۱۲-۱ مقدمه	۳۳
۱۲-۲ الزامات آزمون	۳۳
۱۲-۳ واگذاری برای آزمون	۳۴
۱۲-۴ علامت گذاری سنجه ی ارتعاش و اطلاعات داخل مستندات دستگاه	۳۴
۱۲-۵ امکانات اجباری و الزامات کلی	۳۴
۱۲-۶ آماده سازی ابتدائی دستگاه	۳۵
۱۲-۷ نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع	۳۵
۱۲-۸ تداخل سیگنالی الکتریکی	۳۶
۱۲-۹ ترانسدیوسر ارتعاش	۳۶
۱۲-۱۰ خطی بودن دامنه ی نوسان و نشانده ی زیر گستره	۳۶
۱۲-۱۰-۱ آزمون های الکتریکی خطی بودن دامنه ی نوسان	۳۶
۱۲-۱۱ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد	۴۰
۱۲-۱۱-۱ کلیات	۴۰
۱۲-۱۱-۲ آزمون های مکانیکی پاسخ بسامد	۴۱
۱۲-۱۱-۳ آزمون های الکتریکی پاسخ بسامد	۴۲

ادامه‌ی فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
۱۲-۱۱-۴ انطباق	۴۳
۱۲-۱۲ نوفه دستگاه	۴۴
۱۲-۱۳ پاسخ سیگنال-برست	۴۴
۱۲-۱۴ نشاندهی اضافه بار	۴۵
۱۲-۱۵ بازنشانی	۴۵
۱۲-۱۶ خروجی های محور ترکیب شده	۴۵
۱۲-۱۷ خروجی الکتریکی .a.c	۴۶
۱۲-۱۸ امکانات زمان سنجی	۴۶
۱۲-۱۹ منبع تغذیه	۴۶
۱۲-۲۰ آزمون های محیطی، الکترواستاتیکی و بسامد رادیویی	۴۷
۱۲-۲۰-۱ کلیات	۴۷
۱۲-۲۰-۲ عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری های شرایط آزمون محیطی	۴۷
۱۲-۲۰-۳ الزامات سازگاری برای آزمون های تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی	۴۷
۱۲-۲۰-۴ آزمون تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی به صورت ترکیب شده	۴۸
۱۲-۲۰-۵ تاثیر دمای سطح	۴۸
۱۲-۲۰-۶ تاثیر تخلیه الکترواستاتیک	۴۹
۱۲-۲۰-۷ انتشارات بسامد رادیویی و اختلالات منبع تغذیه عمومی	۴۹
۱۲-۲۰-۸ مصونیت در برابر میدان های بسامد برق .a.c و میدان های بسامد رادیویی	۵۱
۱۲-۲۱ گزارش آزمون	۵۲
۱۳ آزمون های تصدیقی	۵۲
۱۳-۱ مقدمه	۵۲
۱۳-۳ تحویل برای آزمون	۵۳
۱۳-۴ علامت گذاری سنجه ی ارتعاش و اطلاعات مستندات دستگاه	۵۴
۱۳-۵ امکانات اجباری و الزامات کلی	۵۴
۱۳-۶ آماده سازی ابتدائی دستگاه	۵۴
۱۳-۷ نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع	۵۴
۱۳-۹ خطی بودن دامنه ی نوسان و نشاندهی زیر گستره	۵۶
۱۳-۱۰ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد	۵۷
۱۳-۱۰-۱ کلیات	۵۷
۱۳-۱۰-۲ آزمون های مکانیکی پاسخ بسامد	۵۸
۱۳-۱۰-۳ آزمون های الکتریکی پاسخ بسامد	۵۹
۱۳-۱۰-۴ تصدیق	۶۰
۱۳-۱۱ نوفه دستگاه	۶۰

ادامه‌ی فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
۱۳-۱۲ پاسخ سیگنال-برست	۶۰
۱۳-۱۳ نشاندهی اضافه بار	۶۱
۱۳-۱۵ خروجی های محورهای ترکیب شده	۶۲
۱۳-۱۶ گزارش آزمون	۶۲
۱۴ وارسی درمحل	۶۲
۱۴-۱ مقدمه	۶۲
۱۴-۲ بازرسی اولیه	۶۳
۱۴-۳ حساسیت ارتعاش (کالیبراسیون میدانی)	۶۳
پیوست الف (اطلاعاتی) مشخصات کالیبراتور میدانی ارتعاش	۶۴
پیوست ب (اطلاعاتی) وزن دهی های بسامد	۶۶
پیوست پ (اطلاعاتی) تشخیص فیلترهای وزن دهی بسامد	۸۵
پیوست ت (اطلاعاتی) میانگین گیری زمانی r.m.s. متحرک	۹۰
پیوست ث (اطلاعاتی) ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش	۹۳
پیوست ج (اطلاعاتی) آزمون های سیستم های نصب	۹۷
پیوست چ (اطلاعاتی) مستندات دستگاه	۱۰۱
پیوست ح (الزامی) الزامات پاسخ فاز برای اندازه‌گیری کمیت های غیر r.m.s.	۱۰۸
کتابنامه	۱۱۷

پیش گفتار

استاندارد « پاسخ انسان به ارتعاش – دستگاه‌های اندازه‌گیری» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط «شرکت مهندسی سیستم‌های قابلیت اعتماد توازن» تهیه و تدوین شده و در یکصد و شصت و نهمین اجلاس کمیته‌ی ملی استاندارد اندازه شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۰/۹/۲۲ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 8041:2005, Human response to vibration — Measuring instrumentation + Cor1: 2007

پاسخ انسان به ارتعاش – دستگاه‌های اندازه‌گیری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مشخصات عملکردی و حدود رواداری برای دستگاه هایی است که برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش و با هدف ارزیابی پاسخ انسان به ارتعاش طراحی شده اند. این استاندارد شامل الزامات سنجش الگو، تصدیق دوره ای و وارسی های در محل [1]، و مشخصات کالیبراتورهای ارتعاش برای وارسی های در محل می باشد.

دستگاه های ارتعاش مشخص شده در این استاندارد می توانند دستگاه های واحد، ترکیب‌هایی از دستگاه‌ها یا سیستم های تحصیل و تحلیل رایانه ای باشند.

مقصود از دستگاه های ارتعاش مشخص شده در این استاندارد، اندازه‌گیری ارتعاشات برای یک یا چند کاربرد، از قبیل موارد زیر می باشد

- ارتعاش منتقل شده با دست (به استاندارد ISO 5349-1 مراجعه کنید)
- ارتعاش کل بدن (به استاندارد ISO 2631-1، ISO 2631-2، ISO 2631-4 مراجعه کنید) و
- ارتعاش کل بدن با بسامد پایین در گستره ی ۰/۱ تا ۰/۵ هرتز (به استاندارد ISO 2631-1 مراجعه کنید).

دستگاه های ارتعاش می توانند مطابق با یک یا چند وزن دهی بسامد تعریف شده در هر کدام از این کاربردها، برای اندازه‌گیری طراحی شوند

سه سطح آزمون عملکردی در این استاندارد تعریف شده است:

الف) سنجش الگو، یعنی آزمونی کامل از دستگاه در برابر مشخصات تعریف شده در این استاندارد

ب) تصدیق دوره ای، یعنی سری میانی از آزمون ها که برای حصول اطمینان از این که دستگاه مطابق مشخصات الزامی عملکرد باقی می ماند، و

پ) وارسی های در محل، یعنی یک سطح حداقل از آزمون که برای نشان دادن این که دستگاه به احتمال زیاد درون مشخصات الزامی عملکرد انجام وظیفه خواهد نمود. الزامی است.

1- In-situ checks

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۴-۷۲۶۰ :۱۳۸۶، سازگاری الکترومغناطیسی - (EMC) قسمت ۴-۴: روش‌های آزمون و اندازه گیری - آزمون مصونیت در برابر تخلیه الکترو استاتیک

2-2 ISO 2041, Vibration and shock . Vocabulary

2-3 ISO 2631-1, Mechanical vibration and shock . Evaluation of human exposure to whole-body vibration .Part 1: General requirements

2-4 ISO 2631-2, Mechanical vibration and shock . Evaluation of human exposure to whole-body vibration .Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)

2-5 ISO 2631-4, Mechanical vibration and shock . Evaluation of human exposure to whole-body vibration .Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems

2-6 ISO 5347 (all parts), Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups

2-7 ISO 5348, Mechanical vibration and shock . Mechanical mounting of accelerometers

2-8 ISO 5349-1:2001, Mechanical vibration . Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration . Part 1: General requirements

2-9 ISO 16063 (all parts), Methods for the calibration of vibration and shock transducers

2-10 IEC 61000-4-3:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) . Part 4-3: Testing and measurement techniques .Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test

2-11 IEC 61000-4-6, Electromagnetic compatibility (EMC) . Part 4-6: Testing and measurement techniques .Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

2-12 IEC 61000-6-2:1999, Electromagnetic compatibility (EMC) . Part 6-2: Generic standards. Immunity for industrial environments

2-13 CISPR 22:2003, Information technology equipment . Radio disturbance characteristics . Limits and methods of measurement

2-14 GUM, Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و اختصارات

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف استاندارد ISO 2041 اصطلاحات و تعاریف زیر بکار می رود.

۳-۱-۱

تسریع ارتعاش **vibration acceleration**

جزء تسریع، که در آن محور اندازه‌گیری به وسیله ی استانداردهای کاربردی مشخص شده است

۳-۱-۲

وزن دهی بسامد با محدود کردن باند **band-limiting frequency weighting**

جزء وزن دهی بسامد تعریف شده به وسیله ی فیلترهای محدود کننده‌ی باند عبور بالا و پایین

۳-۱-۳

گستره ی بسامد با باند محدود **band-limited frequency range**

گستره ی بسامد تعریف شده به وسیله ی جزء با باند محدود وزن دهی بسامد

۳-۱-۴

گستره ی بسامد نامی **nominal frequency range**

گستره ی بسامد موردنظر، به طوری که در استاندارد اندازه‌گیری مربوطه تعریف شده است

۳-۱-۵ مقادیر وزن دهی شده با بسامد **Frequency-weighted values**

۳-۱-۵-۱

مقدار تسریع وزن دهی شده با میانگین زمانی **time-averaged weighted acceleration value**

مقدار تسریع ارتعاش r.m.s[1] وزن دهی شده با بسامد در یک محور مشخص شده (a_w) بر حسب متر بر مربع ثانیه یا رادیان بر مربع ثانیه، به طوری‌که در این عبارت تعریف شده است:

فرمول (۱)

$$a_W = \left(\frac{1}{T} \int_0^T a_W^2(\xi) d\xi \right)^{\frac{1}{2}}$$

که در آن:

1- Root Mean Square

$a_W(\xi)$ تسریع ارتعاش وزن دهی شده ی انتقالی یا زاویه‌ای در محوری مشخص شده بعنوان یک تابع لحظه-ای زمان، ξ، به ترتیب بر حسب متر بر مربع ثانیه (m/s^2) یا رادیان بر مربع ثانیه (rad/s^2) است؛

T مدت زمان اندازه‌گیری است

۳-۱-۵-۲

سطح تسریع وزن دهی شده با میانگین زمانی **time-averaged weighted acceleration level**

سطح تسریع ارتعاش r.m.s. وزن دهی شده با بسامد بر حسب دسی‌بل، به طوری‌که در فرمول زیر تعریف شده است

فرمول (۲)

$$L_W = 20\lg\frac{a_W}{a_0}\,dB$$

که در آن

a_w در ۳-۱-۵-۱ تعریف شده است؛

a_0 تسریع مرجع است (در استاندارد ISO 1683 بعنوان $10^{-6}\ m/s^2$ تعریف شده است)

۳-۱-۵-۳

مقدار تسریع متحرک r.m.s **running r.m.s. acceleration value**

تسریع ارتعاش متحرک r.m.s، وزن دهی شده با بسامد، بر حسب متر بر مربع ثانیه که در عبارت زیر تعریف شده است:

فرمول (۳)

$$a_{W,\theta}(t) = \left(\frac{1}{\theta}\int_{t-\theta}^{t} a_W^2(\xi)\,d\xi\right)^{\frac{1}{2}}$$

که در آن

$a_W(\xi)$ تسریع ارتعاش لحظه ای وزن دهی شده با بسامد در زمان ξ بر حسب متر بر مربع ثانیه است؛

θ زمان انتگرال گیری اندازه‌گیری است؛

t زمان لحظه ای است

یادآوری - میانگین گیری نمائی می تواند به عنوان تقریبی از میانگین گیری خطی، برای روش متحرک r.m.s استفاده شود. میانگین گیری نمائی به شکل زیر تعریف شده است:

فرمول (۴)

$$a_{W,T}(t) = \left(\frac{1}{\tau}\int_{-\infty}^{t} a_W^2(\xi)\exp\left(\frac{\xi-t}{\tau}\right)d\xi\right)$$

که در آن r ثابت زمانی است.

۴-۵-۱-۳

بیشینه مقدار ارتعاش گذرا **maximum transient vibration value**

MTVV

بیشینه مقدار تسریع ارتعاش متحرک r.m.s ، هنگامی که زمان انتگرال گیری برابر با ۱ ثانیه است

۵-۵-۱-۳

مقدار دُز ضعف حرکتی **Motion sickness dose value**

MSDV

انتگرال مربع تسریع ارتعاش لحظه ای وزن دهی شده $a_{w(t)}$ بر حسب $m/s^{1,5}$ به طوری‌که در عبارت زیر تعریف شده است:

فرمول (۵)

$$MSDV = \left(\int_0^{\Phi} a_W^2(\xi) d\xi \right)^{\frac{1}{2}}$$

که در آن Φ کل دوره ایست که جنبش می تواند در آن رخ دهد

یادآوری- مقدار دوز ضعف حرکتی را می توان از تسریع ارتعاش .r.m.s وزن دهی شده با بسامد از طریق ضرب در $\Phi^{\frac{1}{2}}$ به دست آورد.

یادآوری۲ - برای دستگاه های اندازه‌گیری، دوره ی در معرض گذاری Φ به احتمال زیاد برابر با دوره ی اندازه‌گیری (T) فرض می شود مگر این که بطور دیگری نشان داده شود.

۶-۵-۱-۳

مقدار دُز ارتعاش **vibration dose value**

VDV

انتگرال توان چهارم تسریع ارتعاش لحظه ای وزن دهی شده $a_{w(t)}$ بر حسب $m/s^{1,75}$ به طوری‌که در عبارت زیر تعریف شده است

فرمول (۶)

$$VDV = \left(\int_0^{\Phi} a_W^4(\xi) d\xi \right)^{\frac{1}{4}}$$

که در آن Φ دوره ی کلی (روزانه) است که در معرض گذاری در آن رخ می دهد

یادآوری۱- مقدار دُز ارتعاش بیش از مقدار .r.m.s به قله ها حساس است.

یادآوری۲- برای دستگاه های اندازه‌گیری، دوره ی در معرض گذاری Φ به احتمال زیاد برابر با دوره ی اندازه‌گیری(T) فرض می شود، مگر این که بطور دیگری نشان داده شود.

۳-۱-۵-۷

مقدار کل ارتعاش **vibration total value**

ارتعاش ترکیب شده از سه محور ارتعاش انتقالی، به طوریکه در عبارت زیر تعریف شده است

فرمول (۷)

$$a_{Wv} = \sqrt{k_x a_{Wx}^2 + k_y a_{Wy}^2 + k_z a_{Wz}^2}$$

که در آن:

a_{wx}،a_{wy} و a_{wz} مقادیر ارتعاش در سه محور قائم x، y و z می باشند؛

k_x ، k_y و k_z مضرب های ثابت هستند که مقدارشان به کاربرد اندازه‌گیری وابسته است

۳-۱-۵-۸

مقدار قله ارتعاش **peak vibration value**

ماژول های بیشینه مقادیر قله لحظه ای (مثبت و منفی) تسریع وزن دهی شده با بسامد

۳-۱-۵-۹

فاکتور اوج **crest factor**

پارامتری برای یک دوره ی اندازه‌گیری، از طریق تقسیم مقدار تسریع .r.m.s بر مقدار قله ارتعاش، که در آن هر دو مقدار وزن دهی بسامد یکسان دارند

۳-۱-۶

گستره ی بهره برداری خطی **linear operating range**

روی هر گستره ی اندازه‌گیری، گستره ی بین مرزهای پایینی و بالایی که خطاهای خطی بودن بر روی آن ها، داخل حدود رواداری قابل اجرای مشخص شده در این استاندارد قرار دارند

۳-۱-۷

اضافه بار **overload**

وضعیتی است که هنگامی روی می دهد که از مرز بالایی گستره ی عملیاتی خطی فراتر رفته شود

۳-۱-۸

زیر-گستره **under-range**

وضعیتی است که هنگامی روی می دهد که مقدار ارتعاش کمتر از مرز پایینی گستره ی بسامد خطی باشد

۳-۱-۹

گستره ی اندازه‌گیری مرجع **reference measurement range**

گستره ی سطحی مشخص شده برای آزمون ویژگی های دستگاه های ارتعاش

یادآوری- این گستره همان است که برای اندازه‌گیری ارتعاش مرجع استفاده می شود.

۳-۱-۱۰

سیگنال ارتعاش مرجع **reference vibration signal**

سیگنال ارتعاش سینوسی که بزرگی و بسامد آن در این استاندارد برای آزمون عملکرد الکترومکانیکی سنجه ارتعاش انسانی مشخص شده است

یادآوری- سیگنال های ارتعاش مرجع متفاوت، مطابق کاربرد دستگاه ها مشخص شده اند.

۳-۱-۱۱

بسامد وارسی کالیبراسیون **calibration check frequency**

بسامد مشخص شده برای فراهم کردن وارسی حساسیت ارتعاش یک دستگاه

۳-۱-۱۲

تن-برست **tone burst**

یک یا چند چرخه ی کامل سیگنال سینوسی که در تقاطع صفر شکل موج شروع و خاتمه می یابند

۳-۱-۱۳

سیگنال-برست **signal burst**

یک یا چند چرخه ی کامل از یک سیگنال دوره ای (از قبیل دندان اره‌ای) که در تقاطع صفر شکل موج شروع و خاتمه می یابند

۳-۱-۱۴

دستگاه های اندازه‌گیری ارتعاش **vibration measuring instrumentation**

ترکیبی از ترانسدیوسر ارتعاش، پردازشگر و نمایش دهنده ی سیگنال، بعنوان یک دستگاه واحد یا مجموعه ای از دستگاه ها که قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به پاسخ انسان به ارتعاش را داراست

یادآوری - به شکل ۱ مراجعه کنید.

۱۵-۱-۳

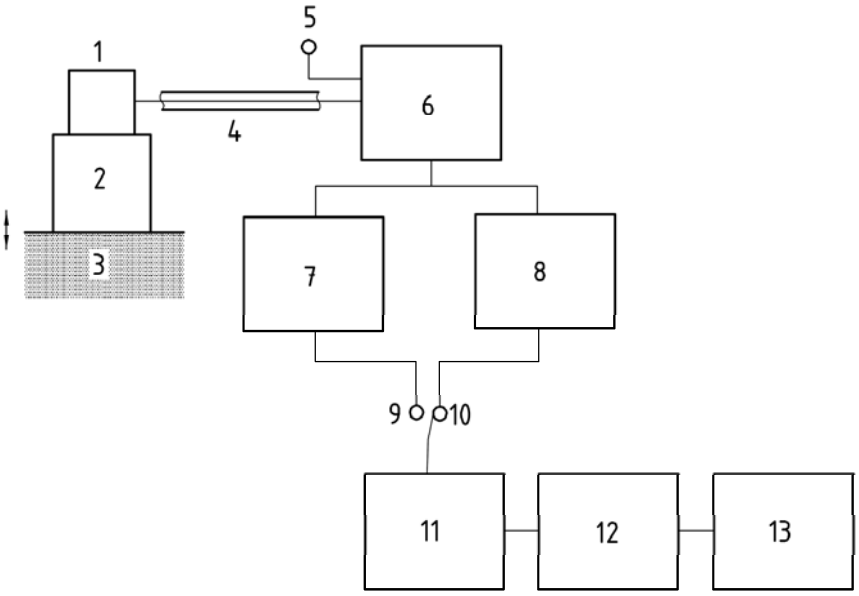
مستندات دستگاه **instrument documentation**

دستورالعمل، روش اجرایی بهره برداری، یا سایر مستندات فراهم شده برای استفاده‌ی کاربران دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش

۳-۲ نمادها و اختصارات

در این استاندارد، نمادها و اختصارات زیر استفاده می گردد:

a_w	تسریع ارتعاش تک محور وزن دهی شده با بسامد میانگین زمانی
$a_W(t), a_W(\xi)$	تسریع تک محور انتقالی یا زاویه ای وزن دهی شده با بسامد لحظه ای در زمان t یا زمان ξ
f	بسامد
H	تابع وزن دهی بسامد کل
K_i	مضرب های ثابت اعمال شده به مقدار تسریع وزن دهی شده با بسامد کل بدن برای محور i
n	عدد باند یک سوم اکتاو
t یا ξ	زمان لحظه ای
T	مدت زمان اندازه‌گیری
s	متغیر تبدیل لاپلاس
W_x	وزن دهی بسامد x
Φ	مدت زمان درمعرض گذاری
$\Delta\Phi$	خطای فاز
τ	ثابت نمایی زمان میانگین گیری
θ	زمان میانگین گیری خطی
MTVV	بیشینه مقدار ارتعاش گذرا
MSDV	مقدار دُز ضعف حرکتی
VDV	مقدار دُز ارتعاش

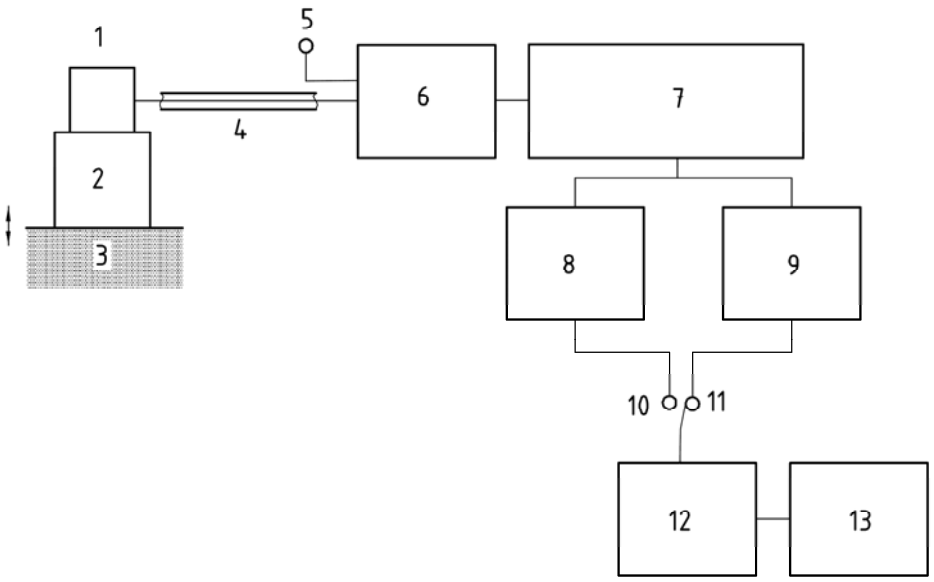


الف) پردازش سیگنال در دامنه ی زمان

راهنما:

۱ ترانسدیوسر
۲ سیستم نصب
۳ سطح مرتعش
۴ کابل
۵ ورودی الکتریکی
۶ آماده سازی سیگنال
۷ محدود کردن باند
۸ وزن دهی بسامد (شامل محدود کردن باند)
۹ خروجی با باند محدود
۱۰ خروجی وزن دهی شده با بسامد
۱۱ وزن دهی زمانی
۱۲ پردازش تکمیلی
۱۳ نمایش

شکل۱ – مروری کلی از خروجی مسیر تابعی پایه دستگاه یا سیستم اندازه‌گیری ارتعاش



ب) پردازش سیگنال در دامنه ی بسامد (برای پردازش VDV کاربرد ندارد)

راهنما:

۱ ترانسدیوسر
۲ سیستم نصب
۳ سطح مرتعش
۴ کابل
۵ ورودی الکتریکی
۶ آماده سازی سیگنال
۷ تحلیل بسامد
وزن دهی زمانی
میانگین گیری زمانی
۸ محدود کردن باند (محاسبه)
۹ وزن دهی بسامد – شامل محدود کردن باند(محاسبه)
۱۰ خروجی با باند محدود
۱۱ خروجی وزن دهی شده با بسامد
۱۲ انباشت باند های بسامد
۱۳ نمایش

شکل ۱- ادامه

۴ شرایط محیطی مرجع

شرایط محیطی مرجع برای مشخص کردن عملکرد سنجه ارتعاش عبارتند از

- دمای هوا : ۲۳ درجه سلسیوس
- رطوبت نسبی: ٪ ۵۰

۵ ویژگی های عملکرد

۵-۱ مشخصه های کلی

ویژگی های عملکردی بیان شده در این بند، تحت شرایط محیطی مرجع بکار می روند.

بعنوان حداقل، دستگاه های اندازه‌گیری ارتعاش انسانی باید ابزاری برای نمایش موارد زیر را فراهم کنند

- مقدار تسریع ارتعاش وزن دهی شده با میانگین زمانی طی مدت اندازه‌گیری
- مقدار تسریع ارتعاش با میانگین زمانی و باند محدود در مدت زمان اندازه‌گیری، و
- مدت زمان اندازه‌گیری

دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش انسانی همچنین باید ابزاری فراهم کند که نشان دهد آیا اضافه باری در هر زمان در مدت زمان اندازه‌گیری رخ داده است یا خیر.

دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش انسانی باید روشی برای تنظیم حساسیت ارتعاش فراهم کند.

دستگاه های اندازه‌گیری ارتعاش انسانی می توانند هرکدام یا همه ی خصیصه های طراحی را در برگیرند که ویژگی های عملکردی آن ها در این استاندارد داده شده است. دستگاه باید با ویژگی های عملکردی قابل کاربرد برای خصیصه های طراحی ای که فراهم شده اند، انطباق داشته باشد.

اگر دستگاه بیش از یک گستره ی اندازه‌گیری را داراست، مستندات دستگاه باید گستره های اندازه‌گیری گنجانده شده و بهره برداری کنترل گستره ی اندازه‌گیری را توصیف کند. مستندات دستگاه همچنین باید شناسایی کند که گستره ی اندازه‌گیری مرجع کدام است.

بسامد ها و مقادیر سیگنال ارتعاش مرجع در جدول ۱ آمده است.

اگر دستگاه قادر به اندازه‌گیری بیشینه مقدار ارتعاش (برای مثال MTVV) و مقدار قله ی ارتعاش باشد، باید وظیفه ی «نگهداشتن» فراهم گردد. مستندات دستگاه باید بهره برداری خصیصه ی نگهداشتن و روش پاک کردن صفحه نمایش نگه‌داشته شده را توصیف کند.

بسیاری از ویژگی های و آزمون های این استاندارد مستلزم کاربرد سیگنال های الکتریکی جانشین برای سیگنال ترانسدیوسر ارتعاش می باشند. مستندات دستگاه باید وسیله ای برای جانشین کردن سیگنال الکتریکی، معادل سیگنال ترانسدیوسر ارتعاش، برای اجرای آزمون های الکتریکی بر روی کل دستگاه بدون ترانسدیوسر ارتعاش مشخص کند. در صورت اقتضا، مستندات دستگاه می تواند روش های جایگزین برای آزمون بهره برداری های مشخص شده از سنجه ی ارتعاش انسانی را توصیف کند.

یادآوری- سازنده ی سنجه ی ارتعاش انسانی می تواند برای اجرای آزمون های الکتریکی برروی دستگاه، نقطه ی آزمون ورودی، یا ترانسدیوسر ارتعاش ساختگی از امپدانس الکتریکی مشخص شده، یا آداپتر ورودی معادل (الکتریکی یا غیر الکتریکی) را فراهم کند.

مستندات دستگاه باید بیشینه قله ی ارتعاش در ارتعاش ترانسدیوسر و بیشینه سیگنال قله به قله را (برای مثال شارژ یا ولتاژ) که می تواند در امکانات ورودی الکتریکی بکار رود، مشخص سازد. بیشینه مقدار ارتعاش و بیشینه ولتاژ قله به قله نباید به دستگاه خسارت وارد کنند.

جدول۱ – بسامد ها و مقادیر ارتعاش مرجع

کاربرد	وزن دهی بسامد	جدول در پیوست (اطلاعاتی)	گستره ی بسامد نامی Hz	مرجع		فاکتور وزن دهی در بسامد مرجع	تسریع وزن دهی شده در بسامد مرجع و مقدار تسریع r.m.s.
				بسامد	مقدار تسریع r.m.s. m/s^2		
انتقال یافته با دست	W_h	B.6	۸ تا ۱۰۰۰	۵۰۰ rad/s (۷۹٫۵۸ Hz)	۱۰	۰٫۲۰۲۰	۲٫۰۲۰
تمام بدن	W_b	B.1	۰٫۵ تا ۸۰	۱۰۰ rad/s (۱۵٫۹۱۵ Hz)	۱	۰٫۸۱۲۶	۰٫۸۱۲۶
	W_c	B.2				۰٫۵۱۴۵	۰٫۵۱۴۵
	W_d	B.3				۰٫۱۲۶۱	۰٫۱۲۶۱
	W_e	B.4				۰٫۰۶۲۸۷	۰٫۰۶۲۸۷
	W_j	B.7				۱٫۰۱۹	۱٫۰۱۹
	W_k	B.8				۰٫۷۷۱۸	۰٫۷۷۱۸
	W_m	B.9	۱ تا ۸۰			۰٫۳۳۶۲	۰٫۳۳۶۲
بسامد پایین تمام بدن	W_f	B.5	۰٫۱ تا ۰٫۵	۲٫۵ rad/s (۰٫۳۹۷۹ Hz)	۰٫۱	۰٫۳۸۸۸	۰٫۳۸۸۸

حدود رواداری داده شده در این استاندارد، شامل عدم قطعیت بسط یافته مربوط به که برای ضریب پوشش ۲ و متناظر با سطح اطمینان تقریبا ٪۹۵ محاسبه شده مطابق با راهنمای GUM[1]می باشد.

1- Guide to encryption of uncertainty in measurement

۵-۲ نمایش بزرگی سیگنال

۵-۲-۱ کلیات

برای دستگاه هایی که می توانند بیش از یک کمیت اندازه‌گیری را نمایش دهند، باید وسیله ای برای معین کردن آشکارای کمیت اندازه‌گیری نشان داده شده، ترجیحا با اختصارات و نمادهای حروفی استاندارد فراهم شود.

کمیت هایی که می توان بوسیله ی سنجه ی ارتعاش انسانی نشان داد، باید در مستندات دستگاه، به همراه توصیفی از نشاندهی متناظر روی هر وسیله ی نمایش، توصیف شوند.

دستگاه باید مقادیر تسریع وزن دهی شده با بسامد را نمایش دهد. همچنین بصورت اختیاری می تواند مقدار تسریع وزن دهی شده با بسامد ضرب شده بافاکتورk، همان گونه که در استاندارد ISO 2631-1 تعریف شده است را نمایش دهد. جایی که فاکتورهای ضرب استفاده می شوند، این امر باید بوضوح روی دستگاه نشان داده شود و دستگاه باید قادر به نمایش فاکتورهای ضرب باشد.

جایی که ورودی محور ترکیب شده نشان داده شده است [برای مثال مقدار کل ارتعاش، فرمول(۷)]، مستندات دستگاه باید روش انتقال یا دانلود داده های دیجیتال به انبار داده های خارجی یا وسیله ی نمایش را توصیف کند. مستندات دستگاه باید نرم افزار و همچنین سخت افزار کامپیوتری برای واسط را شناسایی کند.

سازگاری با واسط باس استاندارد توصیه می شود.

هر وسیله ی جایگزین برای نمایش مقدار سیگنال، که در مستندات دستگاه بیان شده است که با ویژگی های این استاندارد مطابقت دارد، قسمت جدائی ناپذیری از دستگاه در نظر گرفته می شود. هر کدام از این وسیله های جایگزین باید به عنوان قسمتی از اجزای الزامی برای تطبیق با ویژگی های عملکردی این بند و ویژگی های محیطی قابل کاربرد بند۷ گنجانده شوند. مثال های وسیله های نمایش جایگزین عبارتند از ثبت کننده ها ی سطح یا کامپیوتر های دارای صفحه ی مانیتور.

برای دستگاهی که از وسیله ی نمایشی با گستره ای کمتر از گستره ی بهره برداری خطی مشخص شده در بند ۵-۷ استفاده می کند، مستندات دستگاه باید وسیله ای برای آزمون خطی بودن فراتر از حدود گستره ی نشان دهنده توصیف کند.

۵-۲-۲ نرخ بازنویسی و تفکیک پذیری

وسیله(ها)ی نمایش مشخص شده در مستندات دستگاه باید اندازه‌گیری هایی با تفکیک پذیری ٪۱ از مقدار نشان داده شده، یا بهتر را میسر سازند.

اگر دستگاهی فقط دارای وسیله ی نمایش آنالوگ یا آنالوگ شبیه سازی شده است که نشاندهی پیوسته ای فراهم می کند، نمایش باید نمایشی الگوریتمی از مقدار ارتعاش باشد. گستره ی وسیله ی نمایش آنالوگ باید

نمایشی از حداقل ۲ دهه را در خود بگنجاند که هر دهه حداقل پهنای ۱۰ میلیمتر داشته باشد. جایی که گستره ی نمایش، کل گستره ی خطی بودن دستگاه را در بر نمی گیرد، درآنصورت گستره ی نمایش باید قابل تعویض باشد تا امکان مرور کل گستره ی خطی بودن وجود داشته باشد.

اگر نشان دهنده ی دیجیتال فراهم شده باشد، و کمیت اندازه‌گیری نشان داده شده پارامتر ارتعاش باشد، نمایش باید در بازه های زمانی منظم به روز شود. بازه ی زمانی بین روزآمدها باید به اقتضای اندازه‌گیری نشان داده شده باشد. وسعت گستره ی نمایش دیجیتال باید حداقل برای پوشش گستره ی بهره برداری خطی کافی باشد.

برای دستگاه های با وسایل نمایش دیجیتالی به روز شده در بازه های زمانی دوره ای، نشاندهی در هر روزآمد نمایش باید مقدار کمیت انتخاب شده بوسیله ی کاربر در زمان روزآمد نمایش باشد. سایر مُدهای نشاندهی در زمان روزآمدی نمایش می تواند در مستندات دستگاه شناسایی شده و، در اینصورت، بهره برداری چنین مُدهایی باید در مستندات دستگاه توضیح داده شود. مستندات دستگاه باید بیان کند کدام مُدها مطابق ویژگی های این استاندارد، و کدامیک مطابق آن نیستند.

۵-۲-۳ پایدارسازی، شروع اندازه‌گیری و زمان های نمایش

در شرایط محیطی غالب، بازه ی زمانی الزامی برای پایدارسازی و آمادگی استفاده نباید بیشتر از ۲ دقیقه از زمان روشن کردن دستگاه باشد.

صفحه نمایش باید زمان آماده بودن دستگاه برای استفاده پس از روشن کردن، تغییر گستره یا تغییرات فیلتر کردن گزینش را نشان دهد.

زمان بین آغاز اندازه‌گیری بوسیله ی کاربر و شروع اندازه‌گیری نباید بیشتر از ۰/۵ ثانیه باشد.

یادآوری – این امر ممکن است مستلزم روش اجرایی آغاز، خصوصاً برای ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین باشد: فاز بهره برداری پیش از آغاز اندازه‌گیری، که از استقرار دستگاه به دنبال پایان اندازه‌گیری پیشین اطمینان حاصل می کند.

نمایش دستگاه باید پیش از دردسترس کردن نتیجه ی اندازه‌گیری، بوضوح نشان دهد که آیا اندازه‌گیری در حال انجام است، یا مرحله ی آغاز در جریان است.

۵-۳ خروجی الکتریکی

اگر خروجی الکتریکی .a.c فراهم باشد، مستندات دستگاه باید ویژگی های سیگنال های خروجی را بیان کند. این ویژگی ها باید موارد زیر را در خود بگنجانند

- گستره ی ولتاژهای قله به قله، که نباید کمتر از ۱V قله به قله باشند،
- امپدانس الکتریکی داخلی در خروجی،
- حداقل امپدانس بارگذاری، و
- وزن دهی های بسامد بکار رفته در سیگنال های خروجی

اتصال امپدانس منفعل بدون انرژی الکتریکی ذخیره شده، از جمله اتصال کوتاه، به خروجی الکتریکی نباید بر هر اندازه‌گیری در حال انجام، بیش از ٪۲ تاثیر بگذارد.

۵-۴ حساسیت ارتعاش

مستندات دستگاه باید حداقل یک مدل از کالیبراتور میدانی ارتعاش را به عنوان وسیله ای برای وارسی و نگهداری حساسیت مکانیکی دستگاه ارتعاش انسانی مشخص نماید. کالیبراتور میدانی ارتعاش باید مطابق با ویژگی های ارائه شده در پیوست الف باشد.

مستندات دستگاه برای دستگاه ارتعاش باید روش اجرایی تنظیم ارتعاش نشان داده شده برای تطبیق با ویژگی های این استاندارد بوسیله ی کاربرد کالیبراتور ارتعاش مشخص شده را توصیف کند. این تنظیم باید برای مدل های ترانسدیوسرهای ارتعاش مورد توصیه در مستندات دستگاه برای استفاده با سنجه ی ارتعاش، قابل کاربرد باشد. این تنظیم همچنین باید برای هر کابل، رابط یا سایر لوازم جانبی فراهم شده بوسیله ی سازنده ی سنجه ی ارتعاش برای اتصال ترانسدیوسر ارتعاش به سنجه ی ارتعاش، قابل کاربرد باشد.

۵-۵ درستی نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع

الزامات رواداری نتایج نشان داده شده در جدول ۲ آمده است. رواداری نشاندهی ، در بسامد مرجع مقتضی و مقدار ارتعاش مرجع مشخص شده در جدول ۱ با قرار دادن دستگاه در گستره ی اندازه‌گیری مرجع، و با ارتعاش سینوسی مکانیکی بکار رفته در پایه ی ترانسدیوسر ارتعاش یا وسیله ی نصب مشخص شده، مشخص گردیده است. این الزامات برای تمام وزن دهی های بسامد مشخص شده در این استاندارد و پس از تنظیمات توصیف شده در بند ۵-۴ و پس از سپری شدن بازه ی زمانی پایدارسازی مشخص شده، قابل کاربرد است.

جدول۲- رواداری های نشاندهی در مقدار ارتعاش و بسامد مرجع

پارامتر	رواداری
رواداری نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط محیطی مرجع	±۴٪ برای ارتعاش انتقال یافته با دست و ارتعاش تمام بدن ±۵٪ برای ارتعاش بسامد پایین تمام بدن
تفاوت بین مقدار نشان داده شده ی هرکمیت اندازه‌گیری وزن دهی شده با بسامد و مقدار نشان داده شده ی اندازه-گیری متناظر محدود کننده ی باند که در فاکتور وزن دهی مناسب ضرب شده است (برای سیگنال ارتعاشی سینوسی پایدار ورودی در بسامد مرجع و مقدار ارتعاش مرجع)	±۳٪
تفاوت بین نشاندهی مقدار ارتعاش متحرک r.m.s با وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، و نشاندهی مقدار ارتعاش وزن دهی شده با بسامد محدود کننده ی باند با مقدار r.m.s. خطی با میانگین زمانی طی هر زمان اندازه‌گیری (برای سیگنال ارتعاشی سینوسی پایدار ورودی در بسامد مرجع و مقدار ارتعاش مرجع)	±۲٪

۵-۶ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد

۵-۶-۱ پارامترها

سنجه ی ارتعاش انسانی باید دارای یک یا چند وزن دهی بسامد فهرست شده در جدول۱، از جمله وزن دهی های محدود کننده ی باند مناسب باشد. وزن دهی های بسامد بوسیله ی فرمول های(۸) تا (۱۲) و پارامترهای داده شده در جدول ۳ تعریف می شوند.

جدول۳- پارامترها و توابع انتقال وزن دهی های بسامد

وزن دهی	محدود کردن باند				انتقال a-v			گام رو به بالا				بهره
	f_1 Hz	Q_1	f_2 Hz	Q_2	f_3 Hz	f_4 Hz	Q_4	f_5 Hz	Q_5	f_6 Hz	Q_6	K
W_b	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	16	16	0,55	2,5	0,9	4	0,95	1,024
W_c	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	8	8	0,63	∞	1	∞	1	1
W_d	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	2	2	0,63	∞	1	∞	1	1
W_e	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	1	1	0,63	∞	1	∞	1	1
W_f	0,08	$1/\sqrt{2}$	0,63	$1/\sqrt{2}$	∞	0,25	0,86	0,062 5	0,80	0,10	0,80	1
W_h	$10^{8/10}$	$1/\sqrt{2}$	$10^{31/10}$	$1/\sqrt{2}$	$100/(2\pi)$	$100/(2\pi)$	0,64	∞	1	∞	1	1
W_j	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	∞	∞	1	3,75	0,91	5,32	0,91	1
W_k	0,4	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	12,5	12,5	0,63	2,37	0,91	3,35	0,91	1
W_m	$10^{-0,1}$	$1/\sqrt{2}$	100	$1/\sqrt{2}$	$1/(0,028 \times 2\pi)$	$1/(0,028 \times 2\pi)$	0,5	∞	1	∞	1	1

یادآوری۱- برای وزن دهی W_b، جدول A-1 از استاندارد ISO 2631-1:2001 مقدار پارامتر Q_1 را به دو رقم اعشار گرد می کند. پارامتر مشخص شده در اینجا، مقدار دقیق است.

یادآوری۲ - برای وزن دهی W_h، جدول A-1از استاندارد ISO 5349-1:2001 مقادیر پارامترهای f_3, f_2, f_1 و f_4 را تا ۵ رقم معنی دار و پارامتر Q_1 را به دو رقم اعشار گرد می کند. پارامترهای مشخص شده در اینجا، مقادیر دقیق هستند.

بسامد های زاویه ای $\omega_1,...,\omega_6$ (داده شده بوسیله ی $\omega_i = 2\pi f_i$ که در آن f_i بسامد های $f_1,..., f_6$ در جدول ۳ می باشند) و فاکتورهای کیفیت رزونانت Q_1, Q_2, Q_4, Q_5 و Q_6 پارامترهای توابع انتقال در فرمول های (۸) تا (۱۲) هستند که وزن دهی های بسامد کلی مقادیر تسریع ارتعاش را تعیین می کنند. تابع وزن دهی بسامد کلی، محصول فیلترهای محدود کننده ی باند، انتقال a-v و گام رو به بالا است.

۵-۶-۲ فیلتر محدود کننده ی باند

عنصر محدود کننده ی باند، ترکیبی از ویژگی های فیلتر باترورث [1] مرتبه دوم بالا گذر و پایین گذر است. این اجزا به ترتیب زیر تعریف شده اند:

الف) بالا گذر

فرمول (۸)

$$H_h(s) = \frac{1}{1 + \frac{\omega_1}{Q_1 s} + \left(\frac{\omega_1}{s}\right)^2}$$

1- Butterworth

ب) پایین گذر

فرمول (۹)
$$H_l(s)=\frac{1}{1+\frac{s}{Q_2\omega_2}+\left(\frac{s}{\omega_2}\right)^2}$$

حاصل $H_h(s)\times H_l(s)$ تابع انتقال محدود کننده‌ی باند را نشان می‌دهد.

۵-۶-۳ فیلتر انتقال a-v

فیلتر انتقال a-v در تسریع بسامدهای پایین نسبی است و در شتاب بسامدهای بالا نسبی است:

فرمول(۱۰)
$$H_t(s)=\frac{\left(1+\frac{s}{\omega_3}\right)K}{1+\frac{s}{Q_4\omega_4}+\left(\frac{s}{\omega_4}\right)^2}$$

یادآوری - $H_t(s)$ =۱ زمانی که f_3 و f_4 (ω_3 و ω_4) هر دو برابر با بی‌نهایت باشند.

۵-۶-۴ فیلتر گام رو به بالا

فیلتر گام رو به بالا، شیبی تقریبا برابر با ۶ دسی‌بل بر هر اکتاو دارد و متناسب با تکانه است.

فرمول (۱۱)
$$H_S(s)=\frac{1+\frac{s}{Q_5\omega_5}\left(\frac{s}{\omega_5}\right)}{1+\frac{s}{Q_6\omega_6}+\left(\frac{s}{\omega_6}\right)^2}\left(\frac{\omega_5}{\omega_6}\right)^2$$

یادآوری - $H_S(s)$ =۱ زمانی که f_5 و f_6 (ω_5 و ω_6) هر دو برابر با بی نهایت باشند.

۵-۶-۵ وزن دهی بسامد کل

تابع وزن دهی بسامد کل برای هر وزن دهی W_x محصولی از فیلترهای محدود کننده ی باند، انتقال a-v و گام رو به بالا است، یعنی:

فرمول (۱۲)
$$H(s)=H_h(s)\times H_l(s)\times H_t(s)$$

معمول ترین تفسیر این فرمول ها در دامنه ی بسامد است که در آن، ماژول ها (بزرگی) و فاز وزن دهی های بسامد را به عنوان توابع بسامد زاویه ای فرضی توصیف می کنند: $s=j2\pi f$

یادآوری۱- گاهی اوقات از حرف p به جای s استفاده می شود.

یادآوری۲- s ممکن است به عنوان متغیر تبدیل لاپلاس تفسیر شود.

جداول و منحنی های وزن دهی ارائه شده در پیوست ب، بزرگی و فاز وزن دهی های بسامد تعریف شده بوسیله ی فرمول های (۸) تا (۱۲) و جدول ۳، به عنوان توابع بسامد f نشان می دهند.

اگر سنجه ی ارتعاش انسانی، یک یا چند پاسخ بسامد اختیاری فراهم کند، مستندات دستگاه باید پاسخ بسامد هدف-طراحی و حدود رواداری ای که در حوزه ی هدف (اهداف) طراحی نگهداری می شوند بیان کند. اگر پاسخ بسامد اختیاری در استانداردی مشخص شده باشد، پاسخ بسامد هدف-طراحی نیز باید در آن استاندارد مشخص شده باشد.

فیلترهای تعریف شده در جدول ۳ و فرمول های (۸) تا (۱۲) می توانند بوسیله ی ترکیب هایی از فیلترهای آنالوگ ساده تشخیص داده شوند. پیوست پ مثالی از این که چگونه وزن دهی های بسامد می توانند در دامنه های زمان و بسامد بصورت دیجیتال تشخیص داده شوند، ارائه می دهد.

۵-۶-۶ رواداری ها

رواداری های وزن دهی های بسامد باید همانند رواداری های ارائه شده در جداول ۵ و ۶ باشند. حدود رواداری در جدول ۵ برای وزن دهی ها شامل وزن دهی های متناظر محدود کننده ی باند، بر روی تمام گستره های اندازه‌گیری بکار می روند. حدود رواداری باید بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه-گیری را در خود بگنجانند.

پاسخ فاز دستگاه ارتعاش، برای پارامترهای اندازه‌گیری شده که بر پایه ی مقدار میانگین .r.m.s، برای مثال قله، MTVV و VDV نمی باشند، حیاتی است. پاسخ فاز با فرمول های (۸) تا (۱۲) داده شده است. با این حال، خطاهای اندازه‌گیری به سبب خطاهای پاسخ فاز به نرخ تغییر در خطای فاز با بسامد، و نه خطای مطلق خود فاز وابسته اند. به این دلیل، پاسخ فاز با استفاده از انحراف فاز ویژگی ($\Delta\varphi_0$) ارزیابی می شود که به شکل زیر تعریف شده است

فرمول(۱۳)

$$\Delta\varphi_0 = \left| \frac{f_n \Delta\varphi_{n+1} - f_{n+1}\Delta\varphi_n}{f_{n+1} - f_n} \right|$$

که در آن

f_n بسامد مرکزی در تعداد باند n یک سوم اکتاو است؛

$\Delta\varphi_0$ خطای فاز در بسامد متناظر با تعداد باند n یک سوم اکتاو است.

جدول۴ – بسامد های انتقال برای رواداری های وزن دهی بسامد

وزن دهی	بسامد های رواداری انتقال (Hz)			
	f_{t1}	f_{t2}	f_{t3}	f_{t4}
W_b	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_c	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_d	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_e	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_f	$10^{-13/10}$ (0,05012)	$10^{-9/10}$ (0,1259)	$10^{-4/10}$ (0,3981)	$10^{0/10}$ (1)
W_h	$10^{6/10}$ (3,981)	$10^{10/10}$ (10)	$10^{29/10}$ (794,3)	$10^{33/10}$ (1995)
W_j	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_k	$10^{-6/10}$ (0,2512)	$10^{-2/10}$ (0,631)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)
W_m	$10^{-3/10}$ (0,5012)	$10^{1/10}$ (1,259)	$10^{18/10}$ (63,1)	$10^{22/10}$ (158,5)

جدول۵ – رواداری ها برروی وزن دهی های بسامد

f بسامد	رواداری بزرگی	انحراف فاز ویژگی $\Delta\varphi_0$
$f \leqslant f_{t1}$	+26 %, −100 %	$\pm\infty$
$f_{t1} < f < f_{t2}$	+26 %, −21 %	±12°
$f_{t2} \leqslant f \leqslant f_{t3}$	+12 %, −11 %	±6°
$f_{t3} < f < f_{t4}$	+26 %, −21 %	±12°
$f_{t4} \leqslant f$	+26 %, −100 %	$\pm\infty$

aرواداری های انحراف فاز ویژگی فقط برای دستگاه هایی اعمال می شود که پارامترهای اندازه‌گیری را که بر پایه ی مقادیر .r.m.s نمی باشند ارائه می کنند.

۵-۷ خطی بودن دامنه ی نوسان

روی کل گستره ی اندازه‌گیری، مقدار سیگنال نشان داده شده باید تابعی خطی از مقدار ارتعاش مکانیکی در ترانسدیوسر ارتعاش باشد.این هدف طراحی در هر بسامدی در گستره ی بسامد دستگاه در هر وزن دهی

بسامد یا پاسخ بسامد داده شده اعمال می شود. ویژگی های خطی بودن برای کل دستگاه، از جمله ترانسدیوسر و تمام پارامترهای ارتعاش اندازه‌گیری شده اعمال می شود.

روی وسعت کامل تمام گستره های اندازه‌گیری، خطای خطی بودن نباید از ٪۶ مقدار ورودی فراتر رود. روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و در بسامد مرجع، گستره ی بهره برداری خطی باید حداقل ۶۰ دسی‌بل باشد.

یادآوری – برای ارتعاش دست-بازو، ممکن است گستره ی خطی بودن بزرگتری برای اندازه‌گیری سیگنال های ارتعاش شدیدا تاثیرگذار، ضروری باشد.

مستندات دستگاه باید گستره ای از مقادیر ارتعاش را که خطای خطی بودن درون آن ها، بدون نشان‌دهی زیر گستره یا اضافه بار، از ٪۶ فراتر نمی رود، بیان کند. این الزام برای سیگنال های پایدار سینوسی در هر بسامد در گستره ی بسامد نامی اعمال می شود.

برای دستگاه های با گستره های اندازه‌گیری چندگانه یا انتخاب شده بصورت دستی، هم پوشانی مقادیر ارتعاش نشان داده شده روی گستره های اندازه‌گیری مجاور باید حداقل ۴۰ دسی‌بل باشد.

برای هر گستره ی اندازه‌گیری، مستندات دستگاه باید گستره ای از مقادیر ارتعاش را بیان کند که می تواند بدون زیر گستره یا اضافه بار اندازه‌گیری شود، یعنی مرزهای پایینی و بالایی گستره های بهره برداری خطی.

۵-۸ نوفه دستگاه

برای ارتعاش وزن دهی شده با بسامد میانگین زمانی، مستندات دستگاه باید نشاندهی های معمولی را بیان کند که وقتی ترانسدیوسر ارتعاش دستگاه با شیئ غیر مرتعشی که میزان بارزی به نشاندهی ها نمی افزاید جفت و جور می شود، روی وسیله ی نمایش مشاهده خواهند شد. نشاندهی ها باید با نوفه ذاتی کل از ترکیب ترانسدیوسر(های) ارتعاش مورد توصیه و سایر اجزای سنجه ی ارتعاش انسانی، حداقل برای شرایط محیطی مرجع متناظر باشد.

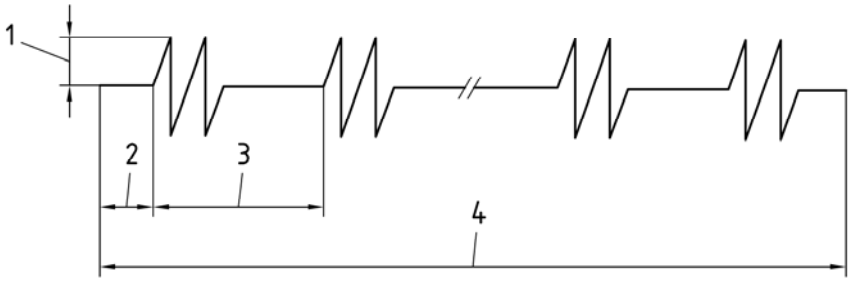
۵-۹ پاسخ سیگنال-برست

ویژگی های دستگاه های ارتعاش انسانی برای پاسخ به سیگنال برست ها، برحسب پاسخ به سیگنال های دندان اره ای در بسامد مرجع داده شده است.

سیگنال آزمون دندان اره ای در شکل ۲ نمایش داده شده است. این آزمون ها با استفاده از برست دندان اره ای با ویژگی های داده شده در جدول ۶ انجام شده اند. پاسخ های داده شده در جداول ۷ تا ۹ در سیگنال دامنه ی نوسان ۱ متر بر مربع ثانیه نسبی هستند و باید با دامنه ی نوسان سیگنال آزمون واقعی ضرب شوند.

یادآوری۱- پاسخ های داده شده به سیگنال برست دندان اره ای بوسیله ی شبیه سازی دیجیتالی از ویژگی های فیلتر تعیین شده است.

یادآوری۲- شکل موج دندان اره ای انتخاب شده است تا اطمینان حاصل شود که سیگنال برست ترکیب هایی از بسامد ها با روابط فازی معین را در بر خواهد گرفت. بنابراین آزمون برست دندان اره ای اطمینان حاصل می کند که پاسخ فاز نسبی وزن دهی بسامد در بسامد های مختلف مورد آزمون قرار گرفته است.



راهنما:

۱ دامنه ی نوسان

۲ زمان شروع

۳ زمان تکرار

۴ مدت زمان

شکل۲ – سیگنال آزمون برست دندان اره ای (۲ چرخه ی برست نمایش داده شده است)

جدول۶ – ویژگی های سیگنال آزمون برست دندان اره ای

کاربرد	وزن دهی	بسامد زاویه‌ای rad/s	زمان شروع s	تعداد چرخه‌ها	زمان تکرار s	مدت زمان s
دست-بازو	W_h	500 (79,58 Hz)	0,2	1, 2, 4, 8 and 16	2	12
تمام بدن	W_b, W_c, W_d, W_e, W_j, W_k, W_m	100 (15,915 Hz)	1		10	60
تمام بدن بسامد پایین	W_f	2,5 (0,3979 Hz)	40		400	2 400

جدول ۷ – پاسخ سیگنال برست دندان اره ای برای دستگاه های ارتعاش دست-بازو

وزن دهی	تعداد چرخه‌های دندان اره‌ای در برست	r.m.s.	% رواداری
	1	0,0448	10
	2	0,0633	10
	4	0,0895	10
	8	0,127	10
	16	0,179	10
	ادامه دار	0,565	10
W_h	1	0,0103	10
	2	0,0133	10
	4	0,0168	10
	8	0,0224	10
	16	0,0309	10
	ادامه دار	0,0946	10

جدول ۸ – پاسخ سیگنال برست دندان اره ای برای دستگاه های ارتعاش تمام بدن

وزن دهی	تعداد چرخه‌های دندان اره‌ای در برست	r.m.s.	رواداری %	VDV	رواداری %	MTVV خطی	رواداری %	MTVV exp	رواداری %
محدود کننده‌ی باند	1	0,0433	10	0,498	12	0,137	10	0,135	10
	2	0,0612	10	0,593	12	0,193	10	0,188	10
	4	0,0865	10	0,705	12	0,274	10	0,258	10
	8	0,122	10	0,838	12	0,387	10	0,344	10
	16	0,173	10	0,996	12	0,547	10	0,437	10
	ادامه دار	0,546	10	1,77	12	0,547	10	0,549	10
W_b	1	0,0314	10	0,342	12	0,0991	10	0,0968	10
	2	0,0435	10	0,403	12	0,137	10	0,132	10
	4	0,0614	10	0,482	12	0,194	10	0,182	10
	8	0,0867	10	0,575	12	0,274	10	0,243	10
	16	0,123	10	0,685	12	0,387	10	0,309	10
	ادامه دار	0,387	10	1,22	12	0,388	10	0,388	10
W_c	1	0,0222	10	0,244	12	0,0703	10	0,0684	10
	2	0,0292	10	0,275	12	0,0923	10	0,0885	10
	4	0,0397	10	0,318	12	0,126	10	0,117	10
	8	0,055	10	0,374	12	0,174	10	0,153	10
	16	0,077	10	0,445	12	0,243	10	0,192	10
	ادامه دار	0,24	10	0,788	12	0,243	10	0,242	10
W_d	1	0,00669	10	0,0779	12	0,0212	10	0,0197	10
	2	0,00906	10	0,0852	12	0,0286	10	0,0264	10
	4	0,0116	10	0,0923	12	0,0366	10	0,033	10
	8	0,0148	10	0,101	12	0,0469	10	0,04	10
	16	0,0197	10	0,115	12	0,0611	10	0,0481	10
	ادامه دار	0,059	10	0,197	12	0,0611	10	0,0594	10
W_e	1	0,00342	10	0,0409	12	0,0108	10	0,00992	10
	2	0,00478	10	0,0452	12	0,0151	10	0,0135	10
	4	0,00637	10	0,0493	12	0,0201	10	0,0176	10
	8	0,00816	10	0,0535	12	0,0255	10	0,0214	10
	16	0,0102	10	0,0592	12	0,0311	10	0,0244	10
	ادامه دار	0,0295	10	0,0987	12	0,0311	10	0,0297	10
W_j	1	0,0435	10	0,517	12	0,138	10	0,135	10
	2	0,0616	10	0,609	12	0,195	10	0,189	10
	4	0,0874	10	0,723	12	0,277	10	0,261	10
	8	0,124	10	0,859	12	0,392	10	0,349	10
	16	0,175	10	1,02	12	0,554	10	0,443	10
	ادامه دار	0,554	10	1,81	12	0,555	10	0,557	10
W_k	1	0,0299	10	0,323	12	0,0944	10	0,0922	10
	2	0,0411	10	0,38	12	0,13	10	0,125	10
	4	0,0577	10	0,455	12	0,182	10	0,171	10
	8	0,0814	10	0,543	12	0,257	10	0,228	10
	16	0,115	10	0,648	12	0,363	10	0,289	10
	ادامه دار	0,362	10	1,15	12	0,364	10	0,363	10
W_m	1	0,0149	10	0,165	12	0,0472	10	0,0456	10
	2	0,0197	10	0,185	12	0,0623	10	0,0594	10
	4	0,0264	10	0,211	12	0,0836	10	0,0775	10
	8	0,0363	10	0,247	12	0,115	10	0,101	10
	16	0,0507	10	0,294	12	0,16	10	0,126	10
	ادامه دار	0,158	10	0,52	12	0,16	10	0,159	10

جدول ۹ – پاسخ سیگنال برست دندان اره ای برای دستگاه های ارتعاش تمام بدن بسامد پایین

وزن دهی	تعداد چرخه‌های دندان اره‌ای در برست	r.m.s.	% رواداری	MSDV	% رواداری
محدود کننده‌ی باند	1	0,0341	10	1,671	10
	2	0,0487	10	2,386	10
	4	0,069	10	3,38	10
	8	0,0982	10	4,811	10
	16	0,139	10	6,81	10
		0,439	10	21,51	10
W_f	1	0,0197	10	0,9651	10
	2	0,0236	10	1,156	10
	4	0,0304	10	1,489	10
	8	0,0416	10	2,038	10
	16	0,0571	10	2,797	10
		0,176	10	8,622	10

۵-۱۰ نشاندهی اضافه بار

سنجه ی ارتعاش انسانی باید نشان دهنده ی اضافه بار داشته باشد که باید برای هر نمایش قابل کاربرد، عملی باشد و باید قادر به آشکار سازی اضافه بارها در تمام نقاط بحرانی در مسیر سیگنال ارتعاش باشد. باید با وسایل مناسب (برای مثال گزینش ترانسدیوسر مناسب برای اندازه‌گیری موردنظر، یابنده های الکتریکی اضافه بار قرار گرفته درون ترانسدیوسر، استفاده از فیلتر مکانیکی) از اضافه بار ترانسدیوسر اجتناب کرد.

قبل از این که از حدود رواداری برای خطی بودن یا رواداری های پاسخ سیگنال-برست فراتر تجاوز شود، باید اضافه بار را نشان داد تا مقادیر سیگنال، بالاتر از مرز بالایی مشخص شده افزایش یابند. این الزام برای هر بسامد در گستره ی بسامد نامی اعمال می شود.

نشان دهنده ی اضافه بار باید هم برای سیگنال های یک و نیم چرخه ی مثبت و هم منفی عمل کند. تفاوت بین مقادیر سیگنال یک و نیم چرخه ی مثبت و منفی که فقط باعث ایجاد نشاندهی اضافه بار می شوند، نباید بیش از ٪۱۵ باشند.

هنگامی که سنجه ی ارتعاش برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی استفاده می شود، نشان دهنده ی اضافه بار باید هنگامی که وضعیت اضافه بار رخ می دهد، چفت شود. باید تا زمانی که نتایج اندازه-گیری بازنشانی می شوند، وضعیت چفت شده روشن بماند. این الزام همچنین برای اندازه‌گیری های بیشینه مقادیر ارتعاش، مقادیر قله ی ارتعاش، یا سایر کمیت هایی که طی مدت زمان اندازه‌گیری محاسبه، یا پس از زمان نمایش داده می شوند، اعمال می شود.

هنگامی که سنجه ی ارتعاش برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی .r.m.s متحرک استفاده می شود، باید در حال وجود وضعیت اضافه بار و برای هر دوره ای که طی آن وضعیت اضافه بار بر اندازه‌گیری نمایش داده شده تاثیر می گذارد (دوره ای معادل زمان انتگرال گیری برای مقادیر تسریع خطی .r.m.s متحرک یا دو برابر زمان انتگرال گیری برای میانگین گیری نمائی)نشان دهنده ی اضافه بار روشن بماند. به دنبال اضافه بار، نشان دهنده باید برای ۱ثانیه بیشتر برای ارتعاش دست-بازو، ۸ثانیه برای کاربردهای تمام بدن و تمام بدن با بسامد پایین، روشن بماند.

مستندات دستگاه باید بهره برداری و تفسیر نشاندهی اضافه بار و روش پاک کردن نشان‌دهی چفت شده را توصیف کند.

۵-۱۱ نشان‌دهی زیر گستره

اگر ارتعاش انسانی با وزن دهی زمانی یا ارتعاش انسانی با میانگین زمانی، کمتر از مرز پایینی گستره ی بهره برداری خطی باشد، باید نشان‌دهی زیر گستره قبل از این که از حدود رواداری روی خطی بودن فراتر رفته شود، عمل کند. نشان‌دهی زیر گستره باید تا هنگامی که وضعیت زیر گستره وجود دارد یا بر اندازه‌گیری نمایش داده شده تاثیر می گذارد، روشن بماند. حداقل زمان نشاندهی، ۱ثانیه برای ارتعاش دست-بازو، ۸ثانیه برای کاربردهای تمام بدن و تمام بدن با بسامد پایین است.

۵-۱۲ میانگین گیری زمانی

دستگاه باید اجازه دهد که مدت زمان اندازه‌گیری مقدار تسریع وزن دهی شده با میانگین زمانی، با کاربر برگزیده شده یا کنترل گردد.

۵-۱۳ تسریع .r.m.s متحرک

برای دستگاه هایی که تسریع .r.m.s متحرک را فراهم می کنند، ثابت زمان باید وارسی شود. باید سیگنال بسامد مرجع سینوسی پایدار برای ورودی به کار رود و سپس بطور ناگهانی خاموش شود. قبل از خاموش کردن، سیگنال پایدار باید برای یک دوره ی حداقل پنج برابر زمان انتگرال گیری برای میانگین گیری زمانی خطی یا ۲۰ برابر زمان انتگرال گیری برای میانگین گیری زمانی نمایی به کار رود. برای جزئیات میانگین گیری زمانی .r.m.s متحرک خطی و نمایی به پیوست ت مراجعه کنید.

مقدار سیگنال خروجی نشان داده شده باید در نرخ های مشخص شده در جدول ۱۰ برای میانگین گیری زمانی خطی و جدول ۱۱ برای میانگین گیری زمانی نمایی (اگر آماده باشد) کاهش یابد. نرخ اضمحلال باید از شروع اضمحلال تا هنگامی که مقدار نشان داده شده کمتر از ٪۱۰ از مقدار ابتدائی است، اندازه‌گیری شود. این الزام برای گستره ی اندازه‌گیری مرجع اعمال می شود.

جدول ۱۰- نرخ های تضعیف وزن دهی زمانی، میانگین گیری زمانی خطی

ثابت زمان s	زمان تا ٪۱۰ از مقدار سیگنال اصلی s
0,125	0,124 ± 0,005
1	0,99 ± 0,05
8	7,92 ± 0,2

جدول ۱۱ – نرخ های تضعیف وزن دهی زمانی، میانگین گیری زمانی نمایی

ثابت زمان s	زمان تا ٪۱۰ از مقدار سیگنال اصلی s	نرخ تضعیف معادل dB/s
0,125	0,58 ± 0,03	31 to 40
1	4,61 ± 0,25	3,8 to 4,9
8	36,8 ± 2	0,48 to 0,62

۵-۱۴ بازنشانی

برای تمام وزن دهی های بسامد فراهم شده، دستگاه هایی که برای اندازه‌گیری ارتعاش انسانی با میانگین زمانی، بیشینه مقدار ارتعاش گذرا و مقدار دُز ارتعاش درنظر گرفته شده اند، باید امکاناتی را برای پاک سازی وسیله ی ذخیره ی داده ها و آغاز مجدد اندازه‌گیری در بر داشته باشند. مستندات دستگاه باید بیان کند که آیا امکانات بازنشانی، نشاندهی اضافه بار را پاک می کند یا خیر. مستندات دستگاه همچنین باید بهره برداری امکانات بازنشانی را توصیف کند و زمان تاخیر نامی بین بهره برداری امکانات بازنشانی دستی یا کنترل از راه دور و آغاز اندازه‌گیری را بیان نماید.

استفاده از امکانات بازنشانی نباید سبب نشاندهی های ساختگی روی وسیله (های) نمایش شود.

۵-۱۵ امکانات زمان سنجی

دستگاهی که ارتعاش انسانی با میانگین زمانی را اندازه می گیرد باید مدت زمان سپری شده از شروع انتگرال گیری را نمایش دهد. قابلیت از پیش تنظیم کردن بازه ی زمان انتگرال گیری به نموهای ۱ثانیه ای نیز ممکن است فراهم شود.

حد رواداری برای زمان سپری شده ی نشان داده شده یک دهم درصد است. تفکیک پذیری نمایش زمان سپری شده باید ۱ثانیه یا بهتر باشد.

مستندات دستگاه باید زمان های انتگرال گیری بیشینه و حداقل برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی برای هر مقدار سیگنال درون گستره ی وسیله ی نمایش را بیان کند.

۵-۱۶ تداخل سیگنالی الکتریکی

جائی که دستگاه ورودی های سیگنال هم زمان برای بیش از یک محور (یا کانال) ارتعاش فراهم می کند، درآنصورت پاسخ روی هر کانال به سیگنال روی هر کدام از کانال های ورودی دیگر باید کمتر از ٪۵/. از بزرگی سیگنال ورودی باشد.

۵-۱۷ ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش

ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش باید مطابق کاربرد اندازه‌گیری برگزیده شود، برای راهنمای تکمیلی به پیوست ث مراجعه کنید.

۵-۱۸ منبع تغذیه

برای دستگاه هایی که انرژیشان از باتری تامین می شود، باید نشاندهی فراهم شود تا تائید کند که منبع تغذیه برای عمل کردن دستگاه داخل ویژگی های این استاندارد کافی است. وارسی وضعیت منبع تغذیه نباید مداخله ای در اندازه‌گیری های درحال جریان ایجاد کند.

هنگامی که سیگنال کالیبراسیون ارتعاش برای ترانسدیوسر ارتعاش اعمال می شود، تغییر مقدار سیگنال نشان داده شده نباید از ٪۳ فراتر رود زمانی که ولتاژ منبع برای عمل کردن دستگاه ارتعاش از مقدار نامی به حداقل ولتاژ مشخص شده در مستندات دستگاه کاهش یافته باشد.

اگر باتری های داخلی، انرژی سنجه ی ارتعاش انسانی را تامین کنند، مستندات دستگاه باید انواع قابل قبول باتری را توصیه کند و زمان بهره برداری پیوسته ی متناظر دستگاه، تحت شرایط محیطی مرجع را که در صورت نصب باتری های با ظرفیت کامل مورد انتظار است، بیان نماید.

برای دستگاه هایی که انرژیشان از باتری تامین می شود و برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش طی مدت زمان هایی که از طول عمر نامی باتری فراتر می روند طراحی شده اند ، مستندات دستگاه باید وسایل مناسب برای بهره برداری دستگاه از منبع تغذیه خارجی، از جمله ویژگی های گستره ی ولتاژ قابل قبول و محتوای موج (ازجمله اسپایک های با بسامد بالا) منبع را توصیف کند.

۶ نصب

اگر فیلتر مکانیکی، سیستم یا کابل نصب خاصی الزامی است، یا تامین شده است، مستندات دستگاه باید بیان کند که دستگاه تنها زمانی مطابق ویژگی های وزن دهی بسامد، قابل کاربرد می باشد که وسیله های مشخص شده نصب شده باشند.

روش های نصب که همراه دستگاه فراهم شده، یا برای استفاده مورد توصیه اند باید منطبق بر الزامات کلی استاندارد ISO 5348 باشند. راهنمای آزمون سیستم های نصب را می توانید در پیوست ج پیدا کنید.

مستندات دستگاه باید گستره ی کاربردهایی را که هر سیستم نصب تامین شده ای برای آن ها مناسب است بیان کند، و باید تمام شرایطی را که استفاده از سیستم نصب در آن ها به احتمال زیاد به عدم قطعیت بیشتری در اندازه‌گیری می انجامد، مشخص سازد.

۷ معیارهای محیطی و الکترومغناطیسی

۷-۱ کلیات

تمام ویژگی های برای حساسیت به محیط های بهره برداری گوناگون، برای حساسیت مکانیکی تحت شرایط محیطی مرجع و در بسامد وارسی کالیبراسیون به کار رفته و در آن نسبی هستند. مستندات دستگاه باید بازه ی انتگرال گیری معمولی را بیان کند که برای سنجه ی ارتعاش الزامی است تا پس از تغییرات شرایط محیطی تثبیت شود.

دستگاه های ارتعاش روشن-خاموش ممکن است گستره ی محدودی از کاربرد محیطی داشته باشد؛ جائی که چنین گستره ی محدودی اعمال می شود، این امر باید در مستندات دستگاه بیان شود.

یادآوری - سیستم های روشن-خاموش سیستم هایی هستند که از عناصر پردازش سیگنال، تحلیل(ثبت) و نمایش مجزا تشکیل یافته اند، و هر عنصر سیستم مطابق استانداردهای مناسب یا ویژگی های سازنده، سنجش الگو شده اند.

۷-۲ دمای هوا

تاثیر ارتعاشات در دمای هوا برروی حساسیت مکانیکی، روی گستره ی دماهای هوا از ۱۰- تا ۵۰ درجه ی سلسیوس مشخص شده است. تاثیر ارتعاشات در دمای هوا برروی حساسیت ارتعاش نباید بیش از ٪ ۵±روی گستره های دمای مشخص شده باشد.

ویژگی های تاثیر ارتعاشات در دمای هوا برای کل سنجه ی ارتعاش یا آن دسته از اجزای سنجه ی ارتعاش اعمال می شود که ممکن است بطور مرتب در معرض تغییرات بزرگ در دمای هوا قرار گرفته باشند.

برای آن دسته از اجزای سنجه ی ارتعاش که در مستندات دستگاه با هدف قرارگیری در محفظه ای که از لحاظ محیطی کنترل شده است(برای مثال داخل ساختمان) تعیین شده اند،گستره ی دما ممکن است به ۵ تا ۳۰ درجه ی سلسیوس محدود شود. گستره ی محدود شده ی دما برای کل سنجه ی ارتعاش به کار نمی رود.

در گستره های دمای هوای مشخص شده، خطای خطی بودن در بسامد مرجع و وسعت گستره ی بهره برداری خطی روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع باید درون حدود رواداری داده شده در بند ۵-۷ باقی بماند.

۷-۳ دمای سطح

تاثیر تغییرات در دمای سطح اندازه‌گیری برروی حساسیت ارتعاش روی گستره ی دماهای سطح از ۱۰- تا ۵۰ درجه ی سلسیوس مشخص شده اند. تاثیر تغییرات در دمای سطح روس حساسیت ارتعاش نباید بیش از ٪۴ ±روی گستره ی دمای مشخص شده باشد.

ویژگی های تاثیر تغییرات در دمای سطح برای شتاب سنج، کابل ها و سیستم های نصب که ممکن است در تماس مستقیم با سطوح ارتعاش قرار بگیرند، اعمال می شود.

روی گستره ی دمای سطح داده شده در این بند، خطای خطی بودن در بسامد مرجع و وسعت گستره ی بهره برداری خطی روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع باید درون حدود رواداری داده شده در بند ۵-۷ باقی بماند.

۷-۴ تخلیه ی الکترواستاتیک

تاثیر تخلیه های الکترواستاتیک روی بهره برداری سنجه ی ارتعاش، یا اجزای قابل کاربرد سیستم سنجه ی ارتعاش باید تا حدی که عملی است کاهش یابد.

سنجه ی ارتعاش باید پس از قرار گرفتن در معرض تخلیه ی کنتاکت ولتاژ الکترواستاتیک تا ۴ kV± یا تخلیه ی هوایی ولتاژ الکترواستاتیک تا ۸ kV± به عمل خود با هدف مورد نظر ادامه دهد. قطبیت ولتاژ الکترواستاتیک در زمین، نسبی است.

مواجهه با تخلیه های الکترواستاتیک مشخص شده در این بند، نباید هیچ تنزل عملکرد یا از دست رفتن وظیفه در سنجه ی ارتعاش ایجاد کند، مگر آنچه ممکن است در مستندات دستگاه مشخص شده باشد. مستندات دستگاه می تواند مشخص کند که عملکرد یا وظیفه ی سنجه ی ارتعاش ممکن است به دلیل تخلیه های الکترواستاتیک، تنزل یافته یا از بین برود. تنزل یا از بین رفتن وظیفه ی مشخص شده نباید تغییری در حالت بهره برداری، تغییر پیکره بندی، تحریف یا از بین رفتن داده های ذخیره شده، یا بهره برداری کاهش یافته ی دائمی را در بر بگیرد.

۷-۵ انتشارات بسامد رادیویی و اختلالات منبع تغذیه عمومی

انتشارات بسامد رادیویی از دستگاه ارتعاش باید تا حدی که عملی است کاهش یابد.

اگر سنجه ی ارتعاش انسانی اجازه ی اتصال واسط یا کابل های اتصال میانی را بدهد، مستندات دستگاه باید طول های معمولی کابل را توصیه کند و ماهیت تمام وسایلی را که کابل ها ممکن است به آن ها متصل شوند توصیف کند.

سطح قدرت میدان الکتریکی بسامد رادیویی که بوسیله ی پورت های محفظه ی دستگاه منتشر می شود نباید از ۳۰ دسی‌بل (در $\mu V / m$ ۱نسبی است) برای بسامد های بین ۳۰ تا ۲۳۰ مگاهرتز فراتر رود، و نباید از ۳۷ دسی‌بل برای بسامد های بالاتر از ۲۳۰ مگاهرتز و تا ۱ گیگاهرتز فراتر رود. مستندات دستگاه باید مُد(های) بهره برداری دستگاه، و هرگونه وسیله ی اتصال دهنده که بیشترین انتشارات میدان های بسامد رادیویی را تولید می کنند بیان نماید.

بیشینه اختلال هدایت شده به منبع عمومی انرژی الکتریکی باید درون حدود ولتاژ شبه قله و میانگین داده شده در جدول ۱۲ در پورت برق.a.c باشد. اگر دستگاه ارتعاش هنگام استفاده از وسیله ی اندازه‌گیری شبه

قله، مطابق حد میانگین ولتاژ اختلال هدایت شده باشد، سنجه ی ارتعاش انسانی باید مطابق با هر دوی حدود ولتاژ شبه قله و میانگین فرض شود.

جدول ۱۲ – حدود اختلال هدایت شده به ولتاژ منبع عمومی انرژی الکتریکی

گستره ی بسامد MHz	حدود سطح ولتاژ اختلال dB (re 1 μV)	
	شبه قله	میانگین
0,15 to 0,50	66 to 56	56 to 46
0,50 to 5	56	46
5 to 30	60	50

یادآوری۱ – برای ویژگی های رسیورهای اندازه‌گیری شبه قله به استاندارد CISPR 16-1-1 مراجعه کنید.

یادآوری۲ – حدود پایینی سطح ولتاژ در بسامد های انتقال به کار می روند.

۷-۶ مصونیت در برابر میدان های بسامد برق.a.c و میدان های بسامد رادیویی

قرار گرفتن کل دستگاه (یا اجزای قابل کاربرد تعیین شده در مستندات دستگاه) در معرض میدان های بسامد برق.a.c و بسامد رادیویی مشخص شده نباید هیچ تغییری در حالت بهره برداری یا تغییر پیکره بندی، یا از بین رفتن داده های ذخیره شده ایجاد کند. این الزام برای هر مُد بهره برداری همخوان با بهره برداری معمولی اعمال می شود. مستندات دستگاه باید باید مُد(های) بهره برداری دستگاه، و هر وسیله ی اتصال دهنده که دارای حداقل مصونیت در برابر میدان های بسامد برق.a.c و بسامد رادیویی هستند (بیش از همه به آن ها حساس اند) را بیان نماید.

مصونیت در برابر میدان های بسامد برق.a.c برای قرار گرفتن در معرض قدرت ۸۰ A/m میدان مغناطیسی جذر میانگین مربعات یکنواخت در بسامد های بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز اعمال می شود.یکنواختی قدرت میدان مغناطیسی قبل از شناوری سنجه ی ارتعاش مسلم می شود. جهت گیری سنجه ی ارتعاش در میدان باید همانی باشد که در مستندات دستگاه برای بیشینه حساسیت به میدان های بسامد برق.a.c مشخص شده است.

مصونیت در برابر میدان های بسامد رادیویی روی گستره ی بسامد های حامل بین ۲۶ مگاهرتز یا ۱ گیگاهرتز اعمال می شود، با سیگنال در بسامد حامل دامنه ی نوسان میدان بسامد رادیویی تعدیل شده بوسیله ی سیگنال سینوسی در بسامد (یا فرانس های) مرجع مناسب با کاربرد دستگاه در عمق ٪۸۰ . در صورت عدم تعدیل و در غیاب سنجه ی ارتعاش، میدان بسامد رادیویی باید قدرت میدان الکتریکی جذر میانگین مربعات یکنواختی برابر با ۱۰ V/m داشته باشد.

یادآوری – مستندات دستگاه ممکن است بیان کند که سنجه ی ارتعاش مطابق ویژگی های این استاندارد در قدرت میدان الکتریکی جذر میانگین مربعات تعدیل نیافته ی بزرگتر از ۱۰ V/mاست.

هنگامی که یک میدان بسامد برق.a.c یا میدان بسامد رادیویی اعمال می شود، تغییر در مقدار ارتعاش نشان داده شده نباید از ٪ ۱۰± فراتر رود.

برای سنجه های با پورت برق ورودی .a.c یا پورت برق خروجی .a.c ، مصونیت در برابر تداخل بسامد رادیویی مُد مشترک، روی گستره ی بسامد بین ۰/۱۵ تا ۸۰ مگاهرتز اعمال می شود.

برای سنجه های با پورت های سیگنال یا کنترل، که در آن ها هر کابل اتصال میانی بین هر پورت سیستم طولی بیش از ۳ متر داشته باشد، مصونیت در برابر تداخل بسامد رادیویی مُد مشترک روی گستره ی بسامد بین ۰/۱۵ تا ۸۰ مگاهرتز اعمال می شود.

۷-۷ دخول آب و خاک

سنجه ی ارتعاش باید قادر به مقاومت در برابر دخول آب و خاک باشد. سازنده باید درجه بندی IP دستگاه را مشخص کند. درجه بندی IP دستگاه باید مناسب کاربرد طرح ریزی شده باشد (برای مثال ارزیابی های قرار گرفتن در معرض ارتعاش انسانی در کارخانه ها ممکن است مستلزم درجه بندی IP 65 باشد؛ اندازه‌گیری ها در شرایط آزمایشگاهی ممکن است تنها مستلزم درجه بندی IP 42 باشد) .
یادآوری - درجه بندی های IP برای محفظه های دستگاه در استاندارد IEC 60529 مشخص شده اند.

۸ تدارکات استفاده با وسیله های کمکی

اگر بتوان یک کابل اضافی اختیاری فراهم شده توسط سازنده ی سنجه ی ارتعاش را بین شتاب سنج و سایر اجزای سنجه ی ارتعاش قرار داد، مستندات دستگاه باید جزئیات هر اتصالی را که باید برای نتایج اندازه‌گیری های انجام شده به این صورت به کار رود، فراهم نماید.

مستندات دستگاه باید داده هایی درباره ی تاثیر نامی لوازم کمکی اختیاری تامین شده توسط سازنده ی سنجه ی ارتعاش فراهم کند. این داده ها باید برای تمام ویژگی های مرتبط سنجه ی ارتعاش که از نصب لوازم کمکی نتیجه می شوند به کار رود. لوازم کمکی اختیاری، وسیله های نصب شتاب سنج و فیلتر های مکانیکی را شامل می شوند. مستندات دستگاه باید داده هایی درباره ی تاثیر نوعی روی حساسیت و پاسخ های بسامد فراهم نماید.

مستندات دستگاه باید بیان کند که آیا سنجه ی ارتعاش با ویژگی های الزامی این استاندارد هنگام نصب لوازم کمکی اختیاری انطباق دارد یا خیر.

اگر اتصالاتی برای فیلترهای خارجی فراهم شده باشد، مستندات دستگاه باید توصیف کند که این اتصالات باید چگونه ساخته شده و دستگاه برای اندازه‌گیری سیگنال های ارتعاش با فیلتر خارجی، چگونه باید مورد استفاده قرار گیرد.

مستندات دستگاه باید جزئیاتی در رابطه با اتصال وسیله های کمکی به سنجه ی ارتعاش و تاثیرات (درصورت وجود) چنین وسیله هایی بر ویژگی های الکتریکی دستگاه فراهم کند. وسیله های کمکی شامل چاپگر، کامپیوتر و ثبت صوت است.

۹ علامت گذاری دستگاه

دستگاهی که با تمام ویژگی های قابل کاربرد این استاندارد انطباق داشته باشد، باید علامت گذاری شود یا باید با استفاده از شماره و تاریخ انتشار به این استاندارد ارجاع دهد. علامت گذاری باید نام یا علامت تجاری تامین کننده برای ویژگی های فنی قابل کاربرد برای کل دستگاه را نشان دهد. علاوه بر این، علامت گذاری باید شناسایی مدل و شماره سریال را در خود بگنجاند.

اگر دستگاه از چندین واحد مجزا تشکیل شده باشد، هر واحد یا جزء اصلی باید همان گونه که در این بند توصیف شده است، و تا حدی که عملی باشد، علامت گذاری شود. تمام واحدهای اصلی که دستگاه کاملی را دربر دارند باید شناسایی شوند.

۱۰ مستندات دستگاه

مستندات دستگاه باید با هر سنجه ی ارتعاش یا دستگاه معادل که با ویژگی های این استاندارد انطباق دارد تامین شود.

اگر دستگاه از چندین جزء مجزا تشکیل شده باشد، مستندات دستگاه باید برای ترکیبی که سنجه ی ارتعاش کامل را شکل می دهد، آماده باشد. مستندات دستگاه باید تمام اجزای ضروری و همچنین تاثیر متقابل آن ها را توصیف کند.

همه ی ویژگی های دستگاه باید در یکاهای SI داده شوند.

مستندات دستگاه باید اطلاعات مشخص شده در پیوست چ را که برای دستگاه به کار می روند، دربرگیرد.

۱۱ آزمون و کالیبراسیون

سه سطح آزمون عملکرد در این استاندارد تعریف شده است.

الف) سنجش الگو (هدف گیری شده به سمت سازندگان) : سری کاملی از آزمون ها برای اجرا روی نمونه هایی از نوع دستگاه. سنجش الگو ممکن است برای آزمون نوع دستگاه یا تایید دستگاه های اندازه‌گیری ارتعاش استفاده شود. هدف از این آزمون ها نمایش این امر است که طراحی دستگاه می تواند ویژگی های تعریف شده در این استاندارد را برآورده سازد.

ب) تصدیق دوره ای (هدف گیری شده به سمت سازندگان و کاربران) : سری میانی از آزمون ها برای اجرا در موارد زیر.

- بصورت دوره ای (برای مثال پیش از، یا در زمان خریداری، و پس از آن هر ۱ یا ۲ سال) برای تصدیق این امر که عملکرد درون ویژگی های این استاندارد باقی می ماند.

- برای اثبات عملی این که سیستم های دستگاه های روشن-خاموش با الزامات این استاندارد انطباق دارند، و

- پس از تعدیل یا تعمیر که ممکن است بر عملکرد دستگاه تاثیر بگذارد.

پ) وارسی درمحل (هدف گیری شده به سمت کاربران) : سطح حداقلی از آزمون که نشان می دهد که دستگاه به احتمال زیاد درون ویژگی های عملکردی الزامی انجام وظیفه خواهد کرد. این آزمون ها باید بلافاصله قبل و بعد از اتمام اندازه‌گیری ها انجام شوند.

این آزمون ها برای ارزیابی عملکرد ویژگی ها و ویژگی های تعریف شده در بندهای ۵ تا ۱۰ طراحی شده اند. جدول ۱۳ رابطه ی بین ویژگی های و بندهای آزمون مربوطه را نشان می دهد.

جدول ۱۳ – خلاصه ی ویژگی های عملکرد و الزامات آزمون

مشخصات		نوع آزمون		بند آزمون		
بند	ویژگی	مکانیکی	الکتریکی	سنجش الگو	آزمون تصدیق	وارسی در محل
5.1	ویژگی‌های کلی			12.5	13.5	14.2
5.2	نمایش بزرگی سیگنال			12.5	13.5	
5.3	خروجی الکتریکی	•		12.17		
5.4	حساسیت ارتعاش		•	12.7	13.7	14.3
5.5	درستی نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع	•		12.7	13.7	
5.6	وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد	•	•	12.11	13.10	
5.7	خطی بودن دامنه ی نوسان	•	•	12.10	13.9	
5.8	نوفه دستگاه		•	12.12	13.11	
5.9	پاسخ سیگنال-برست	•		12.13	13.12	
5.10	نشاندهی اضافه بار	•	•	12.10, 12.14	13.9, 13.12	
5.11	نشاندهی زیر گستره	•	•	12.10	13.9	
5.12	میانگین گیری زمانی	•		12.13	12.12	
5.13	تسریع r.m.s. متحرک	•		12.13	13.12	
5.14	بازنشانی			12.15	13.14	
5.15	امکانات زمان سنجی			12.18		
5.16	تداخل سیگنالی الکتریکی	•		12.8	13.8	
5.2	خروجی های محور ترکیبی	•		12.16		
5.17	ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش		•	12.9		
5.18	منبع تغذیه			12.19		
6	نصب			Annex F		
7	معیارهای محیطی و الکترومغناطیسی			12.20		
8	تدارکات برای استفاده از وسیله های کمکی	•		12.5,12.17	13.5	
9	علامت گذاری دستگاه			12.4	13.4	
10	مستندات دستگاه			12.4	13.4	

۱۲ سنجش الگو

۱۲-۱ مقدمه

این بند جزئیات آزمون های ضروری برای اثبات عملی انطباق دستگاه ارتعاش با همه ی ویژگی های اجباری این استاندارد، همراه با روش های آزمون مورد استفاده را فراهم می کند.

انطباق با ویژگی های این استاندارد زمانی عملا اثبات می شود که نتیجه ی اندازه‌گیری انحراف از هدف طراحی، همراه با عدم قطعیت بسط یافته ی واقعی اندازه‌گیری آزمایشگاه آزمون، کاملا درون حدود رواداری مشخص شده قرار بگیرد.

عدم قطعیت های اندازه‌گیری باید مطابق GUM تعیین شوند. عدم قطعیت های بسط یافته ی واقعی باید درآزمایشگاه آزمون، با فاکتور پوشش که کمتر از دو نیست، محاسبه گردد.

عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری داده شده در این بند، بیشینه مجاز برای اثبات عملی انطباق، تحت این بند، با ویژگی های این استاندارد می باشند. اگر عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری آزمایشگاه های آزمون از مقادیر بیشینه مجاز فراتر روند، نباید آزمون هایی برای اثبات عملی انطباق با ویژگی های این استاندارد انجام دهند.

هیچ کدام از آزمون های مشخص شده در این بند نباید حذف شوند مگر این که دستگاه امکانات مورد آزمون را در اختیار نداشته باشد.

همه ی آزمون های توصیف شده در این بند برای هر کانال از یک دستگاه چند کانالی به کار می روند، مگر این که به نحو دیگری مشخص شده باشند.

۱۲-۲ الزامات آزمون

آن دسته از دستگاه های استفاده شده برای سنجش الگو که بر عدم قطعیت خروجی های آزمون تاثیر می گذارند، باید کالیبراسیون های معتبر و قابل ردیابی به استانداردهای ملی را دارا باشند.

بسامد سیگنال های خروجی باید درون ٪ ۰/۲ ± از مقدار الزامی باشد.

مقدار سیگنال های ورودی مکانیکی باید درون ٪ ۲ ± از مقدار الزامی باشد.

یادآوری۱- در حال حاضر، قسمت های منتشر شده ی استاندارد ISO 16063 کالیبراسیون پایین تر از ۰/۴ هرتز را فراهم نمی کنند.

شرایط محیطی غالب در زمان آزمون باید درون گستره های زیر باشند:

- دمای هوا : ۲۰ تا ۲۶ درجه سلسیوس
- رطوبت نسبی : ٪ ۱۰ تا ٪ ۷۰ (بدون بخار)

تغییر شکل کل (d) ورودی های آزمون ارتعاش سینوسی مکانیکی نباید بزرگتر از ٪ ۵ باشد.

تغییر شکل کل (d) ورودی های آزمون سینوسی الکتریکی نباید بزرگتر از ٪ ۰/۱ باشد.

یادآوری۲ – تغییر شکل کل (d) که به عنوان درصد بیان شده، در ISO 2041 بصورت زیر تعریف شده است:

فرمول (۱۴)
$$d = \frac{\sqrt{a_{tot}^2 - a_1^2}}{a_1} \times 100\%$$

که در آن:

a_1 تسریع .r.m.s در بسامد تحریکی است؛

a_{tot} تسریع .r.m.s کل با باند محدود (شامل a_1) است.

۱۲-۳ واگذاری برای آزمون

دستگاه ارتعاش باید بهمراه مستندات و تمام آیتم ها یا لوازم کمکی اش برای آزمون واگذاری شود که در مستندات دستگاه به عنوان اجزای جدائی ناپذیر کل دستگاه در پیکره بندی آن و برای استفاده ی معمولی شناسایی شده اند. مثال های آیتم های تکمیلی یا لوازم کمکی شامل شتاب سنج، وسیله یا کابل نصب است.

۱۲-۴ علامت گذاری سنجه ی ارتعاش و اطلاعات داخل مستندات دستگاه

باید تایید شود که دستگاه مطابق ویژگی های بند ۹ علامت گذاری شده است.

قبل از انجام هرگونه آزمون، باید تایید شود که مستندات دستگاه حاوی تمام اطلاعات الزامی بند ۱۰، مناسب برای امکانات فراهم شده بوسیله ی سنجه ی ارتعاش می باشد. پس از اتمام همه ی آزمون ها، این اطلاعات باید مرور شوند تا اطمینان حاصل شود که صحیح بوده و داخل حدود رواداری مناسب قرار دارد.

۱۲-۵ امکانات اجباری و الزامات کلی

باید تایید شود که سنجه‌ی ارتعاش با ویژگی های بند ۵-۱ انطباق دارد.

برای دستگاه های با گستره های اندازه‌گیری چندگانه، باید تایید شود که هم پوشانی گستره ی اندازه‌گیری با ویژگی های بند ۵-۷ انطباق دارد.

باید تأیید شود که نمایش با ویژگی های بند ۵-۲ انطباق دارد.

جائی که مستندات دستگاه، باتری هایی از نوع و مدل خاص را مشخص می کند، چنین باتری هایی باید نصب شوند.

اگر دستگاه الزامات فهرست شده در این بند را برآورده نسازد، نباید برای نمایش انطباق با ویژگی های عملکردی این استاندارد، آزمونی انجام داد.

۱۲-۶ آماده سازی ابتدائی دستگاه

قبل از انجام هر آزمونی، باید منبع تغذیه درون حدود بهره برداری مشخص شده توسط سازنده، به دستگاه داده شود. دستگاه، ترانسدیوسر و کالیبراتور ارتعاش باید بطور بصری بازرسی شوند و تمام کنترل ها عمل شوند تا اطمینان حاصل گردد که کار می کنند.

باید از روش اجرایی ارائه شده در مستندات دستگاه برای قرار دادن حساسیت ارتعاش دستگاه در بسامد وارسی کالیبراسیون پیروی شود. هر گونه تنظیمات الزامی طبق بند ۵-۴ و داده شده در مستندات دستگاه باید به کار رود تا حساسیت سنجه ی ارتعاش برای نمایش مقدار صحیح ارتعاش تحت شرایط محیطی مرجع تنظیم شود.

۱۲-۷ نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع

خطای نشاندهی مقدار تسریع مرجع در بسامد مرجع (به جدول ۱ مراجعه کنید) باید از تفاوت بین مقدار ارتعاش نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه و مقدار ارتعاش اندازه‌گیری شده ی متناظر بوسیله ی ترانسدیوسر ارتعاش مرجع کالیبره شده در همان نقطه ی اندازه‌گیری تعیین گردد.

خطای εاندازه ی آزمون a_{test}به صورت درصدی از اندازه ی ترانسدیوسر ارتعاش مرجع a_{ref}بیان شده است، یعنی :

$$\varepsilon = \frac{a_{test} - a_{ref}}{a_{ref}} \times 100\%$$ فرمول (۱۵)

یادآوری- خطای εاندازه ای نسبی است، یعنی خطای نسبی بیان شده بصورت درصد.

ترانسدیوسر ارتعاش مرجع باید برای اندازه‌گیری مقدار ورودی ارتعاش مکانیکی تولید شده در مقدار ارتعاش مرجع و در بسامد مرجع، و قبل از اندازه‌گیری بزرگی ارتعاش با سنجه ی ارتعاش استفاده شود. برای این اندازه ها، باید سنجه ی ارتعاش را در گستره ی اندازه‌گیری مرجع، وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند و میانگین گیری زمانی خطی و با مدت زمان اندازه‌گیری حداقل ۳۰ ثانیه برای ارتعاش دست-بازو، ۱ دقیقه برای تمام بدن و ۵ دقیقه برای کاربردهای تمام بدن با بسامد پایین قرار داد. مقدار سیگنال ورودی بعلاوه ی نوفه پس زمینه باید حداقل ۱۰ برابر مقدار نوفه پس زمینه باشند.

حداقل سه اندازه ی خطای نشاندهی باید به دست آید. برای هر اندازه، باید بازه ای زمانی که کمتر از بازه ی زمانی بیان شده در مستندات دستگاه برای زمان تنظیمات دستگاه است، برای دستگاه میسر شود تا قبل از ثبت شدن هرگونه نشاندهی، با شرایط محیطی غالب به تعادل برسد. تفاوت بین بزرگترین و کوچک ترین مقادیر این سه اندازه نباید از ٪ ۳ فراتر رود.

میانگین حسابی خطای اندازه های نشاندهی باید درون حدود رواداری قابل کاربرد جدول ۲ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۲ است.

برای هر وزن دهی بسامد فراهم شده، باید یک سیگنال سینوسی الکتریکی پایدار برای امکانات ورودی الکتریکی در بسامد مرجع مناسب به کار رود. با سیگنال ورودی تنظیم شده برای نشان دادن مقدار ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع با وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، مقادیر ارتعاش وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده باید معادل مقدار ارتعاش وزن دهی شده با باند محدود ضرب شده با فاکتور وزن دهی مناسب (به جدول ۱ مراجعه کنید) درون حدود رواداری جدول ۲ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۲ می باشد.

برای دستگاهی که در آن وزن دهی های زمان فراهم شده اند، باید یک سیگنال سینوسی الکتریکی پایدار برای امکانات ورودی الکتریکی در بسامد مرجع به کار رود. دامنه ی نوسان سیگنال ورودی باید طوری تنظیم شود که نشاندهی از مقدار ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع با سنجه ی ارتعاش در حالت وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند بدهد. با همان سیگنال ورودی، مقادیر ارتعاش نشان داده شده روی هر وزن دهی زمانی باید معادل مقدار ارتعاش مرجع نشان داده شده درون حدود رواداری جدول ۲ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۲ می باشد.

۱۲-۸ تداخل سیگنالی الکتریکی

برای دستگاه های با بیش از یک کانال اندازه‌گیری (برای مثال دستگاه های اندازه‌گیری سه محوره)، باید آزمون هایی درباره ی تداخل الکتریکی بین کانال ها انجام شود.

همه ی کانال ها باید روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع قرار داده شوند. باید یک ورودی الکتریکی به ترتیب برای هر کانال در بسامد مرجع به کار رود؛ ورودی های تمام کانال های باقی مانده باید با امپدانس های جانشین پایان یابند. دامنه ی نوسان سیگنال آزمون باید درون ۵ دسی‌بل بالایی از گستره ی مرجع باشد. خروجی تمام کانال ها باید طی آزمون ها پایش شوند.

خروجی تمام کانال ها نباید از الزامات بند ۵-۱۶ فراتر رود.

۱۲-۹ ترانسدیوسر ارتعاش

ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش (پیوست الف) شتاب سنج باید مطابق قسمت های مربوطه ی استانداردهای ISO 5347 و ISO 16063 مورد آزمون قرار گیرند.

۱۲-۱۰ خطی بودن دامنه ی نوسان و نشانده ی زیر گستره

۱۲-۱۰-۱ آزمون های الکتریکی خطی بودن دامنه ی نوسان

آزمون های الکتریکی خطی بودن دامنه ی نوسان دستگاه باید با سیگنال های سینوسی الکتریکی پایدار در بسامد های نشان داده شده در جدول ۱۴ انجام شوند. خطی بودن دامنه ی نوسان باید با دستگاه در حالت اندازه‌گیری با میانگین زمانی و با وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند مورد آزمون قرار گیرد.

جدول ۱۴ – نموهای مقدار تسریع و بسامد های آزمون خطی بودن دامنه ی نوسان

کاربرد	بسامد های آزمون a Hz	نمو تسریع dB	
		درون ۵ دسی‌بل از اضافه بار و زیر گستره	در تمام مقادیر دیگر
دست-بازو	8; 80; 800	1	5
تمام بدن	1; 4; 16; 63	1	5
تمام بدن با بسامد پایین	0,2; 0,4	1	5
a بسامد های مرکزی نامی نشان داده شده اند. باید از بسامد های دقیق مرکز باند یک سوم اکتاو استفاده شود (برای مثال «۸ هرتز» نماینده ی باند با مرکز $10^{9/10}\,Hz \approx 7,943Hz$ است).			

آزمون های خطی بودن دامنه ی نوسان باید با سیگنال هایی در بسامد مرجع که برای امکانات ورودی الکتریکی مشخص شده به کار می روند، شروع شوند. باید سیگنال ورودی را برای نمایش مقدار ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع تنظیم کرد.

در هر کدام از بسامد ها، نقطه ی شروع برای آزمون های خطی بودن- دامنه ی نوسان روی هر گستره ی اندازه‌گیری باید مقدار ارتعاش مرجع ضرب در فاکتور تضعیف نامی باشد که بوسیله ی کنترل گستره ی اندازه‌گیری که در تنظیمات روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع نسبی است، معرفی شده است.

روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، مقدار سیگنال ورودی بسامد آزمون باید در نمو های مشخص شده در جدول ۱۴ از مرز پایینی مشخص شده ی این گستره ی اندازه‌گیری تا مقدار سیگنال ورودی ای افزایش یابد که باعث ایجاد اولین نشاندهی اضافه بار می شود. سپس باید سیگنال را در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از مقدار سیگنالی که اولین نشاندهی اضافه بار را ایجاد نمود، تا مرز پایینی مشخص شده کاهش داد. برای هر مقدار سیگنال ورودی، نشاندهی روی وسیله ی نمایش دستگاه و مقدار سیگنال ورودی باید ثبت شوند.

برای هر مقدار سیگنال ورودی آزمون، از مرز پایینی مشخص شده ی گستره ی اندازه‌گیری مرجع تا اولین نشاندهی اضافه بار، خطاهای خطی بودن دامنه ی نوسان باید درون حدود رواداری قابل کاربرد بند ۵-۷ باشند. وسعت گستره ی بهره برداری خطی بسامد مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع باید با الزامات گستره ی بهره برداری خطی بند ۵-۷ بین بزرگی های ارتعاش نامی مشخص شده برای مرز های بالایی و پایینی مطابقت داشته باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۲ می باشد.

به دنبال آزمون های انجام شده روی گستره ی اندازه‌گیری، باید خطی بودن دامنه ی نوسان را روی هر گستره ی اندازه‌گیری تکمیلی مورد آزمون قرار داد. آزمون ها را باید در بسامد های مشخص شده و نموهای

مشخص شده در جدول ۱۴ از نقطه ی شروع به سمت پایین تا مرز پایینی و به سمت بالا تا مرز بالایی مشخص شده برای هر گستره ی اندازه‌گیری انجام داد.

روی هر گستره ی اندازه‌گیری تکمیلی از دستگاه ارتعاش، خطاهای خطی بودن دامنه ی نوسان باید درون حدود رواداری قابل کاربرد بند ۵-۷ روی وسعت گستره های بهره برداری خطی مشخص شده در مستندات دستگاه و تا اولین نشاندهی اضافه بار باشند. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۲ می باشد.

برای دستگاه هایی که مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی را اندازه می گیرند و گستره ی بهره برداری خطی شان بیشتر از گستره ی نمایش نشان دهنده است، می توان خطی بودن دامنه ی نوسان را با استفاده از تن برست ها برای اندازه‌گیری های خطی بودن دامنه ی نوسان در سیگنال های ورودی بر فراز نقطه ی بالایی گستره ی نمایش نشان دهنده مورد آزمون قرار داد.

برای سنجه های ارتعاش با امکانات میانگین گیری زمانی که گستره ی بهره برداری خطی شان بیشتر از گستره ی نمایش نشان دهنده است، می توان خطاهای خطی بودن بر فراز نقطه ی بالایی گستره ی نمایش را با استفاده از تن برست های استخراج شده از سیگنال های ورودی پایدار اندازه‌گیری کرد. مدت زمان تن برست ها نباید کمتر از ۳۰ ثانیه برای ارتعاش دست-بازو، ۵ دقیقه برای ارتعاش تمام بدن باشد(این آزمون برای ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین قابل استفاده نیست). زمان های انتگرال گیری باید بیشتر از مدت زمان تن برست باشد.

روی هر گستره ی اندازه‌گیری، و برای هر بسامد آزمون، نشان دهنده ی زیر گستره نباید زمانی را نشان دهد که مقدار سیگنال نشان داده شده بیشتر، یا برابر با مرز پایینی مشخص شده ی گستره ی اندازه‌گیری است. روی هر گستره ی اندازه‌گیری و در هر بسامد آزمون، نشان دهنده ی زیر گستره باید برای مقادیر سیگنالی که ۱ دسی‌بل کمتر از مرز پایینی مشخص شده ی گستره هستند، نمایش داده شود.

۱۲-۱۰-۲ آزمون های مکانیکی برای خطی بودن دامنه ی نوسان

آزمون های مکانیکی خطی بودن دامنه ی نوسان دستگاه باید با سیگنال های سینوسی مکانیکی پایدار در بسامد های نشان داده شده در جدول ۱۴ انجام شوند. خطی بودن دامنه ی نوسان را باید با دستگاه در حالت اندازه‌گیری با میانگین زمانی و با وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند مورد آزمون قرار داد. خطی بودن دامنه ی نوسان را باید به عنوان نشاندهی روی وسیله ی نمایش منهای ارتعاش اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش کالیبره شده ی مناسب تعیین نمود. ترانسدیوسرهای ارتعاش را باید مطابق با استاندارد ISO 16063-21 برای کالیبراسیون نصب نمود.

در هر بسامد، نقطه ی شروع برای آزمون های دامنه ی نوسان-خطی بودن روی هر گستره ی اندازه‌گیری باید مقدار ارتعاش مرجع ضرب شده در فاکتور تضعیف نامی معرفی شده بوسیله ی کنترل گستره ی اندازه-گیری باشد که در گستره ی اندازه‌گیری مرجع نسبی است.

آزمون های خطی بودن دامنه ی نوسان باید با سیگنال هایی در بسامد مرجع به کار رفته برای پایه ی ترانسدیوسر ارتعاش شروع شوند. سیگنال ورودی باید برای نمایش مقدار ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع تنظیم گردد.

خطی بودن دامنه ی نوسان مکانیکی را باید روی گستره ی حداقل ۴۰ دسی‌بل مورد آزمون قرار داد.

روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، مقدار سیگنال ورودی بسامد آزمون باید در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از مرز پایینی مشخص شده ی این گستره ی اندازه‌گیری تا مقدار سیگنال ورودی که کمترین مقدار از موارد زیر است افزایش داد

- اولین نشاندهی اضافه بار روی دستگاه آزمون
- بیشینه توانمندی ارتعاش وسیله ی ورودی، یا
- بیشینه گستره ی دامنه ی نوسان ارتعاش خطی ترانسدیوسر مرجع.

سپس باید سیگنال را در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از مقدار سیگنال ایجاد کننده ی اولین نشاندهی اضافه بار به سیگنال ورودی که بیشترین مقدار از موارد زیر است کاهش داد

- مرز پایینی مشخص شده ی دستگاه آزمون
- حداقل توانمندی دامنه ی نوسان ارتعاش وسیله ی ورودی، یا
- حداقل گستره ی دامنه ی نوسان ارتعاش خطی ترانسدیوسر مرجع.

برای هر مقدار سیگنال ورودی، نشان‌دهی روی وسیله ی نمایش دستگاه و مقدار اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر مرجع باید ثبت شوند.

هنگام بنا نهادن مقدار ثابت ارتعاش در دامنه های نوسان ارتعاش مختلف، باید خطی بودن دامنه ی نوسان ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه را به حساب آورد.

برای هر مقدار سیگنال ورودی بسامد آزمون، از مرز پایینی مشخص شده ی گستره ی اندازه‌گیری مرجع تا اولین نشاندهی اضافه بار، خطاهای خطی بودن دامنه ی نوسان باید درون حدود رواداری قابل کاربرد بند ۵-۷ باشند. وسعت گستره ی بهره برداری خطی بسامد مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع باید با الزامات گستره ی بهره برداری خطی بند ۵-۷ بین بزرگی های ارتعاش نامی مشخص شده برای مرزهای بالایی و پایینی مطابقت داشته باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۳ می باشد.

به دنبال آزمون های روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، باید خطی بودن دامنه ی نوسان را روی هر گستره ی اندازه‌گیری تکمیلی مورد آزمون قرار داد. آزمون ها باید در بسامد های مشخص شده و نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از نقطه ی شروع به سمت پایین تا مرز پایینی و به سمت بالا تا مرز بالایی مشخص شده برای هر گستره ی اندازه‌گیری انجام شوند.

روی هر گستره ی اندازه‌گیری تکمیلی، خطاهای دامنه ی نوسان-خطی بودن باید درون حدود رواداری قابل کاربرد بند ۵-۷ روی وسعت گستره های بهره برداری خطی مشخص شده در مستندات دستگاه و تا اولین نشاندهی اضافه بار باشند. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری ٪ ۴ می باشد.

۱۲-۱۱ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد

۱۲-۱۱-۱ کلیات

روش اجرایی توصیف شده در این قسمت برای ارزیابی ویژگی های وزن دهی بسامد و پاسخ بسامد، فرض می کند که دستگاه ارتعاش، خروجی الکتریکی ندارد. اگر خروجی الکتریکی آماده بوده و برای آزمون ها استفاده شود، باید آزمون های ابتدائی را برای تعیین تناظر بین مقادیر ارتعاش وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده روی وسیله ی نمایش و ولتاژهای خروجی الکتریکی انجام داد. در آزمون های وزن دهی بسامد، نباید هیچ اقدامی برای به حساب آوردن خطاهای خطی بودن انجام داد.

برای هر کاربرد (دست-بازو، تمام بدن و تمام بدن با بسامد پایین) که وزن دهی های بسامد آن در دستگاه ارتعاش فراهم شده است، باید یک وزن دهی بسامد را برای انجام آزمون، هم با سیگنال های سینوسی مکانیکی و هم الکتریکی برگزید. سایر وزن دهی های بسامد را باید با استفاده از سیگنال های مکانیکی یا الکتریکی مورد آزمون قرار داد.

در صورت امکان باید آزمون های وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد را روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع انجام داد. در صورتی که آزمایشگاه آزمون در نظر می گیرد که ممکن است قابلیت دستگاه برای انطباق با ویژگی های وزن دهی بسامد یا پاسخ بسامد، تحت تاثیر تنظیمات کنترل گستره ی اندازه‌گیری باشد، درآنصورت باید آزمون های تکمیلی انجام شوند. باید تمام اندازه‌گیری ها بر روی گستره های اندازه-گیری که در آن ها خطاهای خطی بودن، درون حدود رواداری قابل کاربرد داده شده در بند ۵-۷ هستند انجام گردد.

آزمون های پاسخ بسامد باید در گام هایی با بیشینه یک سوم اکتاو در عرض گستره های بسامد مشخص شده در جدول ۱۵ ساخته شوند.

جدول ۱۵ – بسامد های آزمون برای آزمون های پاسخ بسامد مکانیکی و الکتریکی

کاربرد	گستره ی بسامد باند یک سوم اکتاو آزمون	
	آزمون های الکتریکی	آزمون های مکانیکی
دست-بازو	4 Hz 2 000 Hz	8 Hz 2 000 Hz
تمام بدن	0,25 Hz 160 Hz	0,5 Hz 160 Hz
تمام بدن با بسامد پایین	0,05 Hz 1 Hz	0,4 Hz 0,5 Hz
گستره ی بسامد های مرکزی نامی نشان داده شده است. باید از بسامد های دقیق مرکزی باند یک سوم اکتاو استفاده شود (برای مثال «۸ هرتز» نماینده ی باند با مرکز $10^{9/10}\,Hz \approx 7{,}943Hz$ است).		
یادآوری- روش های آزمون پاسخ بسامد جزء فاز وزن دهی های بسامد در پیوست ح آمده است.		

یادآوری- خطاهای ε ذکر شده در بند ۱۲-۱۱ اندازه های نسبی اند، یعنی خطاهای نسبی که به صورت درصد بیان شده اند.

۱۲-۱۱-۲ آزمون های مکانیکی پاسخ بسامد

پاسخ بسامد مکانیکی دستگاه ارتعاش باید بوسیله‌ی مقایسه با اندازه‌های تسریع وزن‌دهی نشده تعیین شوند که به وسیله ی ترانسدیوسر ارتعاش مرجع کالیبره شده ی مناسب آزمایشگاه به دست آمده اند. خطای پاسخ بسامد باید نشاندهی مقدار تسریع وزن دهی شده با بسامد روی دستگاه ارتعاش منهای مقدار ارتعاش اندازه-گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع کالیبره شده باشد که در فاکتور وزن دهی بسامد مناسب ضرب شده است. شتاب سنج ها باید مطابق با استاندارد ISO 16063-21 برای کالیبراسیون نصب شوند.

در بسامد مرجع، ارتعاش مکانیکی ورودی باید طوری تنظیم شود تا قرائت ارتعاش وزن دهی نشده ای روی دستگاه آزمون، ۲۰ دسی‌بل بالاتر از حد پایینی گستره ی خطی مشخص شده تولید کند. باید از مقدار تسریع وزن دهی نشده ی این سیگنال ورودی (a_{in}) به عنوان مقدار ورودی مرجع برای آزمون های بعدی استفاده کرد.

در هر بسامد آزمون، سطح سیگنال ورودی باید طوری تنظیم شود تا همان مقدار ارتعاش ورودی (a_{in}) اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه را ایجاد کند. باید مقدار تسریع ارتعاش ورودی و نشاندهی سنجه ی ارتعاش (a_{ind}) را در همه ی بسامد های آزمون تعریف شده در جدول ۱۵ برای آزمون های مکانیکی مورد توجه قرار داد.

خطای پاسخ بسامد در بسامد f، $\varepsilon(f)$ که بصورت درصدی بیان شده، با فرمول (۱۶) داده شده است:

$$\varepsilon(f) = a_{ind} - a_{in}(f)w(f)$$ فرمول (۱۶)

که در آن w(f) فاکتور وزن دهی بسامد در بسامد f است.

هنگام بنا نهادن مقدار ثابت ارتعاش در بسامد های مختلف، باید پاسخ بسامد ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه را به حساب آورد.

اگر نتوان مقدار ثابت ارتعاش را در کل گستره ی بسامد ها نگهداری کرد، باید مقادیر سیگنال نمایش داده شده با دستگاه را بر حسب لزوم، برای تفاوت های بین مقدار ارتعاش اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه در بسامد آزمون و در بسامد مرجع، تصحیح کرد.

بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد ها در گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۴/۵ می باشد.

یادآوری – در صورتی که آزمون های مجزا برروی ترانسدیوسر ارتعاش و قسمت الکتریکی دستگاه ارتعاش انجام شود، درآنصورت خطای وزن دهی بسامد ε در بسامد fبا فرمول زیر داده شده است:

فرمول (۱۷)
$$\varepsilon(f) = \varepsilon_t(f) + \varepsilon_e(f)$$

که در آن

ε_t خطای پاسخ های ترانسدیوسر ارتعاش است،

ε_e خطای قسمت الکتریکی دستگاه است.

در هر دو مورد، خطا، خطای ظاهری نتیجه ی اندازه‌گیری شده ی ε_mرا با عدم قطعیت بسط یافته ی اندازه-گیری u_mترکیب می کند، یعنی :

فرمول (۱۸)
$$\varepsilon_t = \sqrt{\varepsilon_m^2 + u_m^2}$$

پیوست ج، اطلاعات آزمون برای نصب سیستم هایی فراهم می کند که این ها با دستگاه فراهم شده اند.

۱۲-۱۱-۳ آزمون های الکتریکی پاسخ بسامد

باید سیگنال های سینوسی الکتریکی برای امکانات ورودی الکتریکی دستگاه به کار روند.

در بسامد مرجع f_{ref}، سیگنال الکتریکی ورودی باید طوری تنظیم شود تا قرائت ارتعاش محدود کننده ی باندی روی دستگاه آزمون، ۲۰ دسی‌بل بالاتر از حد پایینی مشخص شده ی گستره ی خطی بودن تولید کند. باید از مقدار وزن دهی شده با بسامد (a_{ind}) این سیگنال ورودی به عنوان مقدار مرجع برای آزمون های بعدی استفاده نمود.

در هر بسامد آزمون، مقدار سیگنال ورودی .r.m.s (u_{in}) باید طوری تنظیم شود تا همان مقدار وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده (a_{ind}) ، نمایش داده شود. باید مقدار سیگنال ورودی و نشاندهی سنجه ی ارتعاش را در تمام بسامد های آزمون تعریف شده در جدول ۱۵ برای انجام آزمون الکتریکی، مورد توجه قرار داد.

جزء الکتریکی خطای پاسخ بسامد در بسامد f، $\varepsilon_e(f)$، که به صورت درصد بیان شده، با فرمول (۱۹) داده شده است:

فرمول (۱۹)

$$\varepsilon_e(f) = a_{ind} - \frac{u_{in}(f)}{S} w(f)$$

که در آن

$w(f)$ فاکتور وزن دهی بسامد در بسامد f است،

S حساسیت است که با فرمول (۲۰) داده شده است:

فرمول (۲۰)

$$S = \frac{u_{in}(f_{ref})}{a_{ind}}$$

در همه ی بسامد ها، مقدار .r.m.s سیگنال ورودی به علاوه ی نوفه دستگاه باید حداقل ۱۰ برابر مقدار .r.m.s نوفه دستگاه باشند.

اگر نتوان همان مقدار ارتعاش نشان داده شده را در کل گستره ی بسامد ها نگهداری کرد، باید مقدار سیگنال نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه را بر حسب لزوم، برای تفاوت های بین مقدار ارتعاش سیگنال الکتریکی ورودی در بسامد آزمون و در بسامد مرجع، تصحیح نمود. همچنین مقادیر سیگنال نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه را باید بر حسب لزوم، برای هر حالت غیر خطی بین نشاندهی بسامد آزمون و نشاندهی بسامد مرجع، تصحیح نمود.

بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد های گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۳ می باشد.

۱۲-۱۱-۴ انطباق

برای آن دسته از وزن دهی های بسامد که با استفاده از آزمون های مکانیکی مورد آزمون قرار گرفته اند، خطای وزن دهی بسامد مستقیما از آزمون فراهم می شود (یعنی $\varepsilon(f)$در فرمول(۱۶)). برای وزن دهی های بسامدی که تنها با استفاده از آزمون الکتریکی مورد آزمون قرار گرفته‌اند، خطای کل وزن دهی بسامد باید برای پاسخ بسامد ترانسدیوسر ارتعاش $\varepsilon_t(f)$ به حساب آید. مقادیر $\varepsilon_t(f)$ با تفریق خطای $\varepsilon_e(f)$ از نتیجه ی آزمون مکانیکی $\varepsilon(f)$ برای وزن دهی بسامدی که بصورت مکانیکی مورد آزمون قرار گرفته است، به دست می آید.

مثال- دستگاهی دو وزن دهی تمام بدن فراهم می کند: w_d و w_k. w_d برای هر دو آزمون پاسخ بسامد مکانیکی و الکتریکی انتخاب می شود. پاسخ ترانسدیوسر ارتعاش با تفاوت بین نتایج آزمون های مکانیکی و الکتریکی برای w_d به دست می آید. این پاسخ ترانسدیوسر ارتعاش به پاسخ الکتریکی برای w_k افزوده می شود تا پاسخ بسامد کل دستگاه برای w_k به دست آید.

برای تمام وزن دهی های بسامد آماده، خطای پاسخ بسامد کل دستگاه باید درون حدود رواداری قابل کاربرد مشخص شده در بند ۵-۶ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد ها در گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۵ می باشد.

سایر پاسخ های بسامد اختیاری فراهم شده باید با اهداف طراحی و حدود رواداری بیان شده در مستندات دستگاه انطباق داشته باشند.

۱۲-۱۲ نوفه دستگاه

مقدار معمولی نوفه دستگاه باید از میانگین حسابی ده اندازه‌گیری با ترانسدیوسر ارتعاش دستگاه تعیین شود که به شیئ غیر مرتعشی وصل است که مقدار بارزی به مقدار ارتعاش نشان داده شده نمی افزاید. باید آزمون هایی برای هردوی ارتعاش های با میانگین زمانی و وزن دهی شده با بسامد انجام شود. برای ارتعاش انسانی با میانگین زمانی، باید زمان میانگین گیری بیان شود و باید حداقل ۱ دقیقه برای ارتعاش دست-بازو، ۵ دقیقه برای ارتعاش تمام بدن، و ۳۰ دقیقه برای کاربردهای تمام بدن با بسامد پایین باشد.

۱۲-۱۳ پاسخ سیگنال-برست

با قرار دادن دستگاه روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و وزن دهی محدود کننده ی باند قابل کاربرد، باید سیگنال الکتریکی سینوسی پایداری به کار رود و مقدار سیگنال طوری تنظیم شود تا نشاندهی در ٪ ۵۰ مرز بالایی مشخص شده ی گستره ی بهره برداری خطی به دست آید. سپس باید سیگنال-برست های مشخص شده در جدول ۶ را برای تمام وزن دهی های زمان و بسامد آماده به کار گرفت.

زمان افت موج برست دندان اره ای نباید بیشتر از $1/(5f_2)$ باشد، که در آن f_2 بسامد بالایی محدود کننده ی جزء محدود کننده ی باند وزن دهی بسامد مناسب می باشد که در جدول ۳ تعریف شده است.

هنگام بوجود آوردن موج دندان اره ای، ممکن است گذراهای کلید زنی بسامد بالا تولید شوند. برای این که از تاثیر این گذراها بر آزمون جلوگیری شود، ممکن است فیلتر تک قطبی عبور پایین بین ژنراتور سیگنال و دستگاه تحت آزمون، ضروری باشد. بایستی بسامد قطع آنقدر بالا باشد تا از تاثیر بر نتایج آزمون جلوگیری شود (برای مثال f_2 ۱۰۰) .

اندازه‌گیری های پاسخ سیگنال-برست باید در حالی تکرار شوند که مقدار سیگنال پایدار ورودی با ضریب ۱۰ تا مقدار سیگنال ورودی ای کاهش یابد که نشاندهی حداقل سه برابر بزرگتر از مرز پایینی مشخص شده برای گستره ی بهره برداری خطی را نشان می دهد.

اندازه‌گیری های پاسخ سیگنال-برست تک چرخه باید در حالی تکرار شوند که بزرگی سیگنال برست ها تا اولین نشان‌دهی اضافه بار افزایش یافته اند.

مقادیر ارتعاش نشان داده شده در پاسخ به سیگنال برست ها که در مقادیر دامنه ی نوسان ارتعاش سیگنال ورودی نسبی هستند، باید طبق مقادیر مشخص شده در جداول ۷ تا ۹، مناسب برای کاربرد باشند. خطاهای پاسخ سیگنال-برست باید درون حدود رواداری داده شده در جداول ۷ تا ۹ باشند. بیشینه عدم قطعیت بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۳ است.

۱۲-۱۴ نشاندهی اضافه بار

نشاندهی های اضافه بار باید با به کار گرفتن سیگنال های الکتریکی سینوسی یک و نیم چرخه ی مثبت و منفی در بسامد مرجع و بسامد های مشخص شده در جدول ۱۴ مورد آزمون قرار گیرند. با قرار دادن دستگاه روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند و با یک سیگنال یک ونیم چرخه ی مثبت، مقدار سیگنال باید تا اولین نشاندهی اضافه بار افزایش یابد. پروسه باید با یک سیگنال یک و نیم چرخه ی منفی تکرار شود. در هر مورد، کمترین مقدار سیگنال ورودی که اولین نشاندهی اضافه بار را ایجاد می کند باید ثبت شود. تفاوت بین دو مقدار سیگنال ورودی که در آن اضافه بار برای اولین بار نشان داده می شود، نباید از حدود رواداری داده شده در بند ۵-۱۰ فراتر رود. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ است.

یادآوری - علاوه بر آزمون های الزامی در بسامد های مشخص شده در این بند، ممکن است نشاندهی اضافه بار در سایر بسامد هایی که در اختیار آزمایشگاه آزمون هستند، مورد آزمون قرار گیرد.

نشان دهنده ی اضافه بار باید برای همه ی سیگنال های ورودی، بزرگتر از کمترین مقدار سیگنال ورودی عمل کند که نشاندهی اضافه باری تا بیشینه مقدار سیگنال ورودی مشخص شده در مستندات دستگاه ایجاد کرده اند.

هنگامی که مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی یا بیشینه مقادیر ارتعاش اندازه‌گیری می شوند، نشان دهنده ی اضافه بار باید هنگام وقوع وضعیت اضافه بار، همان گونه که در بند ۵-۱۰ مشخص شده است، متصل باشد. درصورتی که برای اندازه‌گیری بزرگی های ارتعاش با میانگین زمانی، از سنجه ی ارتعاش استفاده می شود، نشاندهی اضافه بار باید همان گونه که در بند ۵-۱۰ مشخص شده است، نمایش داده شود.

۱۲-۱۵ بازنشانی

در صورت فراهم بودن امکانات بازنشانی، باید تایید شود که بهره برداری امکانات بازنشانی، نشاندهی قبلی نمایش را لغو می کند، و این که بهره برداری امکانات بازنشانی برروی هیچ وسیله ی نمایشی، باعث ایجاد نشاندهی های ساختگی نمی شود.

۱۲-۱۶ خروجی های محور ترکیب شده

این آزمون اطمینان حاصل می کند که ورودی های چند محوری، در هنگام نمایش خروجی محور ترکیب شده، مطابق با استاندارد اندازه‌گیری مناسب ترکیب شده اند (برای مثال مقدار کل ارتعاش مجذور مجموع مربعات یا VDV کل) .

دستگاه باید روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع قرار داده شود. باید یک سیگنال ورودی الکتریکی در مقدار ارتعاش مرجع را به ترتیب برای هر محور به کار گرفت. مقدار نشان داده شده برای هر محور باید مورد توجه قرار گرفته و برای محاسبه ی نتیجه ی محور ترکیب شده مطابق با استانداردهای مناسب (ISO 5349-1، ISO 2631-1، ISO 2631-2 و ISO 2631-4) استفاده شود. سپس باید سیگنال ورودی، بطور هم زمان برای

هر سه کانال ورودی به کار رود؛ مقدار محور ترکیب شده ی نشان داده شده باید برابر با نتیجه ی محاسبه شده درون ٪ ۳ ± باشد.

سیگنال روی یک کانال باید وارونه شود (یعنی تغییر فاز ۱۸۰ درجه). مقدار نشان داده شده پس از وارونه شدن سیگنال نباید بیش از ٪ ۲ تغییر کند.

برای ارتعاش تمام بدن، وزن دهی های استفاده شده برای محور های -x، -y و -z و فاکتورهای ضریب (k) مورد استفاده برای ترکیب داده های تک محور، به کاربرد وابسته اند (برای مثال سلامتی، راحتی یا ادراک). برای تعیین خروجی های مورد انتظار بایستی از استاندارد ISO 2631-1 استفاده شود.

۱۲-۱۷ خروجی الکتریکی a.c.

باید یک سیگنال الکتریکی متناظر با بزرگی ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع در بسامد مرجع، برای دستگاه و نشاندهی ثبت شده به کار رود. سپس باید اتصال کوتاهی برای خروجی الکتریکی.a.c و نشاندهی ثبت شده ی دستگاه به کار رود. تفاوت بین مقادیر ارتعاش نشان داده شده نباید از حدود رواداری مشخص شده در بند ۵-۳ فراتر رود.

۱۲-۱۸ امکانات زمان سنجی

باید تصدیق شود که حداقل زمان میانگین گیری برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی، بیشتر از حداقل زمان میانگین گیری مشخص شده در مستندات دستگاه نباشد. باید تصدیق شود که بیشینه زمان میانگین گیری برای اندازه‌گیری مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی، کمتر از بیشینه زمان میانگین گیری مشخص شده در مستندات دستگاه نباشد.

اندازه‌گیری باید طی ۲۰۰۰ ثانیه انجام شود و زمان سپری شده باید درون ۲± s (یعنی ٪ ۰/۱±) باشد. بیشینه عدم قطعیت بسط یافته ی اندازه‌گیری باید ٪ ۰/۰۱ باشد.

۱۲-۱۹ منبع تغذیه

با کالیبراتور میدانی فراهم شده برای سنجه‌ی ارتعاشی که برای شتاب سنج اعمال می شود، باید مقدار سیگنال ارتعاش نشان داده شده روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع ثبت شود، در حالی که منبع تغذیه ولتاژ معمولی و سپس حداقل ولتاژ را همان گونه که در مستندات دستگاه مشخص شده است، به دستگاه انتقال می دهد. مقادیر سیگنال نشان داده شده باید همان مقادیر درون حدود رواداری بند ۵-۱۸ باشند.

یادآوری – اصطلاح منبع تغذیه، باتری ها را نیز شامل می شود.

۱۲-۲۰ آزمون های محیطی، الکترواستاتیکی و بسامد رادیویی

۱۲-۲۰-۱ کلیات

یک سنجه ی ارتعاش کامل باید با تمام ویژگی های این بند که برای استفاده ی مورد نظر دستگاه به کار می روند، انطباق داشته باشد. برای انطباق با ویژگی های این بند، باید شتاب سنج مطابق با مُد معمولی بهره برداری بیان شده در مستندات دستگاه، به دستگاه اتصال پیدا کند.

همه ی ویژگی های حساسیت به محیط بهره برداری، برای دستگاهی که روشن شده و در حالت اجرای اندازه‌گیری در وضعی معمولی قرار داده شده است، به کار می روند.

قبل از انجام، اما نه طی آزمون های محیطی، الکترواستاتیکی و بسامد رادیویی، نشاندهی موجود در بسامد کالیبراسیون باید با کاربرد کالیبراتور میدانی ارتعاش مشخص شده در بند ۵-۴ وارسی و در صورت ضرورت تنظیم شود تا مقدار ارتعاش مرجع را تحت شرایط محیطی مرجع نشان دهد. تنظیم باید از روش اجرایی داده شده در مستندات دستگاه پیروی کند.

تاثیر شرایط محیطی برروی بزرگی های تولید شده با کالیبراتور ارتعاش، که در مقدار ارتعاش تولید شده تحت شرایط محیطی مرجع نسبی هستند، باید مطابق با روش اجرایی داخل مستندات دستگاه، به حساب آورده شوند.

باید شرایط محیطی در زمان وارسی نشاندهی ها ثبت گردند. برای آزمون های محیطی، باید از یک کالیبراتور میدانی ارتعاش استفاده نمود تا سیگنالی با ارتعاش معین تولید شود. سنجه‌ی ارتعاش باید در حالتی قرار داده شود تا یک اندازه‌گیری معمولی از بزرگی ارتعاش .r.m.s وزن دهی شده با بسامد و با میانگین زمانی خطی را اجرا کند.

مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی نشان داده شده با سنجه‌ی ارتعاش در پاسخ به سیگنال کالیبراتور میدانی ارتعاش، باید برای هر وضعیت آزمون ثبت شوند.

۱۲-۲۰-۲ عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری های شرایط آزمون محیطی

عدم قطعیت بسط یافته ی واقعی اندازه‌گیری نباید از ۰/۵ سلسیوس برای اندازه‌گیری های دمای هوا و ٪ ۱۰ برای اندازه‌گیری های رطوبت نسبی فراتر رود.

۱۲-۲۰-۳ الزامات سازگاری برای آزمون های تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی

کالیبراتور میدانی ارتعاش و دستگاه ارتعاش (یا اجزائ مربوطه) باید در اتاقی محیطی قرار بگیرند تا تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی برروی سنجه ی ارتعاش مورد آزمون قرار گیرد.

برای آزمون های تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی، طی یک دوره ی سازگاری، باید شتاب سنج را از کالیبراتور میدانی ارتعاش جدا نمود و منبع تغذیه ی هر دو دستگاه را خاموش کرد.

باید به کالیبراتور میدانی ارتعاش و دستگاه ارتعاش اجازه داد تا حداقل به مدت ۱۲ ساعت، با شرایط محیطی مرجع سازگار شوند.

پس از تکمیل دوره ی سازگاری، باید شتاب سنج روی کالیبراتور میدانی ارتعاش وصل شده و منبع تغذیه به هر دو دستگاه روشن شود.

۱۲-۲۰-۴ آزمون تاثیر دمای هوا و رطوبت نسبی به صورت ترکیب شده

به دنبال روش های اجرایی سازگاری توصیف شده در بند ۱۲-۲۰-۳، باید مقدار ارتعاش نشان داده شده در پاسخ به کاربرد کالیبراتور میدانی ارتعاش، برای ترکیبات بعدی دمای هوا و رطوبت نسبی ثبت شود. برای دستگاه های ارتعاشی که در آن ها همه ی اجزا می توانند تحت ترکیب دمای هوا و رطوبت نسبی پوشش داده شده با ویژگی های بند ۷-۲ بهره برداری شوند، شرایط آزمون هدف عبارتند از

- دمای هوای مرجع و رطوبت نسبی مرجع،
- دمای هوای ۱۰- درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٪ ۶۵،
- دمای هوای ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٪ ۲۵،
- دمای هوای ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٪ ۹۰، و
- دمای هوای ۵۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ٪ ۵۰.

برای هر وضعیت آزمون، انحراف مقدار ارتعاش نشان داده شده از مقدار ارتعاش نشان داده شده برای دمای هوای مرجع و رطوبت نسبی مرجع نباید بیشتر از مقدار مشخص شده در بند ۷-۲ باشد.

۱۲-۲۰-۵ تاثیر دمای سطح

در دمای هوا و رطوبت نسبی مرجع، و سازگاری متعاقب آن، مقدار ارتعاش نشان داده شده در پاسخ به کاربرد سیگنال ارتعاش در مقدار و بسامد مرجع، باید برای دماهای سطح بعدی ثبت شود. شتاب سنج برروی وسیله ی نصب مشخص شده ی آن، باید مستقیما روی سطحی نصب گردد که می توان دمای آن را تا ۵± درجه سلسیوس کنترل نمود. از دماهای سطح زیر استفاده کنید:

- دمای مرجع
- دمای سطح ۱۰- درجه سلسیوس
- دمای سطح ۵ درجه سلسیوس
- دمای سطح ۴۰ درجه سلسیوس
- دمای سطح ۵۰ درجه سلسیوس

برای هر وضعیت آزمون، انحراف مقدار ارتعاش نشان داده شده از مقدار ارتعاش نشان داده شده برای دمای هوای مرجع و رطوبت نسبی مرجع نباید بیش از مقدار مشخص شده در بند ۷-۳ باشد.

۱۲-۲۰-۶ تاثیر تخلیه الکترواستاتیک

تجهیزات الزامی برای تعیین تاثیر تخلیه های الکترواستاتیک روی بهره برداری دستگاه ارتعاش باید با ویژگی های داده شده در استاندارد4-IEC 61000، بند ۶ انطباق داشته باشد. برقراری آزمون و روش اجرایی آزمون باید با ویژگی های داده شده در استاندارد IEC 61000-4-2:2001، بندهای ۷ و ۸ مطابقت داشته باشد.

برای انجام آزمون های تخلیه ی الکترواستاتیک، دستگاه ارتعاش باید در حال بهره برداری بوده و کاملاً آن طور که با آزمون ابتدائی تعیین شده است، مستعد تخلیه ی الکترواستاتیک باشد. شتاب سنج ها باید به تمام کانال های ورودی اتصال یابند. اگر دستگاه دارای وسیله های اتصالی است که طبق موارد مشخص شده در مستندات دستگاه، برای پیکره بندی مُد معمولی بهره برداری الزامی نیستند، درآنصورت طی آزمون های تخلیه ی الکترواستاتیک، نباید هیچ کابلی متصل باشد. باید پیکره بندی دستگاه در زمان انجام آزمون ثبت شود.

تخلیه ی ولتاژهای الکترواستاتیک نباید روی پین های رابطی انجام شود که زیر سطح رابط یا دستگاه ارتعاش فرورفته اند.

تخلیه های الکترواستاتیک ولتاژها و قطبیت های مشخص شده در بند ۷-۴ باید ده بار با تماس و ۱۰ بار از طریق هوا به کار گرفته شوند. تخلیه ها باید برای تمام نقاط روی سنجه ی ارتعاش که درآزمایشگاه آزمون، مناسب در نظر گرفته می شوند به کار رود؛ به استاندارد IEC 61000-4-2 مراجعه کنید. نقاط باید به آن هایی که طی استفاده ی عادی آماده هستند، محدود شوند. اگر کاربر به دسترسی به نقاطی درون سنجه ی ارتعاش الزام دارد، آن نقاط باید گنجانده شوند مگر این که مستندات دستگاه، اقدامات احتیاطی علیه خسارت از طرف تخلیه های الکترواستاتیک طی این دسترسی تجویز کرده باشد.

بایستی مراقب بود تا اطمینان حاصل شود که هر گونه تاثیر تخلیه روی دستگاه تحت آزمون، قبل از تکرار کاربرد تخلیه، کاملا از بین رفته باشد.

با قرار دادن دستگاه روی گستره ی مرجع، ولتاژ تخلیه های تماسی و هوایی باید بیشینه ولتاژ مثبت و منفی باشد.

پس از تخلیه، دستگاه ارتعاش باید به همان حالت بهره برداری قبل از تخلیه برگردد. تمام داده های ثبت شده بوسیله ی دستگاه قبل از تخلیه، باید پس از تخلیه بدون تغییر مانده باشند. هنگامی که تخلیه اعمال می شود، تغییرات غیر مسور در عملکرد دستگاه میسر می شوند.

۱۲-۲۰-۷ انتشارات بسامد رادیویی و اختلالات منبع تغذیه عمومی

سطوح انتشار بسامد رادیویی قدرت میدان، برحسب دسی‌بل و نسبی در ۱ uV/m، باید با دستگاه آشکارساز شبه قله برای گستره های بسامد مشخص شده در بند ۷-۵ اندازه‌گیری شوند. رسیورهای اندازه‌گیری، آنتن ها و روش های اجرایی آزمون باید همانند موارد مشخص شده در استاندارد CISPR 22:2003، بند ۱۰ باشند. همه ی سطوح انتشار باید با ویژگی های داده شده در بند ۷-۵ انطباق داشته باشند. شرایط محیطی

غالب در زمان آزمون ها باید ثبت شوند. برای انجام آزمون های انتشار بسامد رادیویی، سنجه ی ارتعاش باید در حال بهره برداری، تامین شده با منبع تغذیه ی مرجع خود، و قرار گرفته در مُد های بیان شده در مستندات دستگاه باشد که بزرگترین انتشارات بسامد رادیویی را تولید می کنند.

تمام چفت و بست ها و اتصالات استفاده شده برای نگهداری موقعیت دستگاه ارتعاش باید طوری طراحی شوند تا تاثیر قابل توجهی روی اندازه‌گیری انتشارات بسامد رادیویی از دستگاه نداشته باشند.

در ابتدا، باید سطوح انتشار بسامد رادیویی روی گستره های بسامد مشخص شده در بند ۷-۵ با سنجه ی ارتعاش در جهت گیری مرجع، اندازه‌گیری شوند. شتاب سنج که با کابل مناسب اتصال یافته است، باید به طور مرکزی، بالای محفظه ی دستگاه، در ارتفاعی تقریبا برابر با ۲۵۰ میلیمتر قرار بگیرد. اگر کابل بلندتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد، درآنصورت باید با الگوی شکل عدد ۸، و با تعداد تاهای فرد، روی خودش تا شود و تمام قسمت ها در هر انتهای تا و در مراکزشان ایمن شوند.

در حال نگهداری تمهیدات مشخص شده در این بند درمورد کابل شتاب سنج به محفظه ی دستگاه، سطوح انتشار بسامد رادیویی باید حداقل روی یک صفحه ی دیگر اندازه‌گیری شوند. سایر صفحات باید با صفحه ی اصلی جهت گیری مرجع، تقریبا زاویه ی قائمه داشته باشند و درون حدود موقعیت یابی برای سیستم به کاررفته به منظور اندازه‌گیری سطوح انتشار بسامد رادیویی باشند.

اگر سنجه ی ارتعاش، وسیله ی اتصالی دارد که متصل شدن کابل های واسط یا اتصال میانی را میسر می سازد، سطوح انتشار بسامد رادیویی باید در حالی اندازه‌گیری شوند که کابل ها به تمام وسیله های اتصالی آماده، متصل باشند. طول کابل ها باید برابر با میزان مورد توصیه در مستندات دستگاه باشد. کابل ها نباید از بین روند و باید به همان ترتیبی که در استاندارد CISPR 22:2003، بند ۸-۱ توصیف شده است قرار بگیرند، مگر این که سازنده ی سنجه ی ارتعاش نیز کابلی برای وسیله ی متصل شده به سنجه ی ارتعاش تامین کند که در آنصورت سطوح انتشار بسامد رادیویی باید در حالی اندازه‌گیری شوند که تمام آیتم ها به یکدیگر متصل باشند.

در صورتی که بتوان چندین اتصال به یک وسیله ی اتصالی ایجاد نمود، سطوح انتشار بسامد رادیویی باید در حالی اندازه‌گیری شوند که پیکره بندی مشخص شده در مستندات دستگاه، بیشترین سطوح انتشار بسامد رادیویی را تولید کند. سایر پیکره بندی ها با سطوح انتشار بسامد رادیویی یکسان یا کمتر را می توان در مستندات دستگاه و در فهرستی از پیکره بندی های منطبق و بدون انجام آزمون های بیشتر گنجاند، درصورتی که پیکره بندی مورد آزمون قرار گرفته، کاملا با حدود بند ۷-۵ انطباق داشته باشد.

برای سنجه های ارتعاشی که از طریق منبع تغذیه ی عمومی بهره برداری می شوند، اختلال منبع تغذیه ی عمومی باید همان گونه که در استاندارد CISPR 22:2003، بند ۹ توصیف شده است ، اندازه‌گیری شود و باید با ویژگی های بند ۷-۵ و حدود اختلال هدایت شده ی داده شده در جدول ۱۲ انطباق داشته باشد.

۱۲-۲۰-۸ مصونیت در برابر میدان های بسامد برق .a.c و میدان های بسامد رادیویی

دستگاه باید در حالی مورد بهره برداری قرار گیرد که برای آزمون های انطباق مصونیت در برابر میدان های بسامد برق .a.c و میدان های بسامد رادیویی، بوسیله ی منبع مرجع، تغذیه می شود.

مصونیت هر سنجه ی ارتعاش در برابر میدان های بسامد برق .a.c و بسامد رادیویی باید با ترانسدیوسر ارتعاش اتصال یافته به سنجه ی ارتعاش انسانی نمایش داده شود. باید ارتعاش مکانیکی برای ترانسدیوسر ارتعاش به کار گرفته شود. ارتعاش باید ارتعاش سینوسی در بسامد مرجع باشد. در صورتی که هیچ میدان بسامد برق .a.c یا بسامد رادیویی به کار نرفته باشد، مقدار ارتعاش با میانگین زمانی و محدود کننده ی باند این سیگنال آزمون باید برابر با مقدار نشان داده شده در جدول ۱۶ باشد. مقدار ارتعاش باید روی گستره ی اندازه‌گیری ای نشان داده شود که مرز پایینی آن، نزدیکترین مقدار، اما نه بیشتر از مرز نشان داده شده در جدول ۱۶ است، درصورتی که بیش از یک گستره ی اندازه‌گیری فراهم شده باشد.

جدول ۱۶ – مقادیر آزمون مصونیت در برابر میدان های بسامد برق .a.c و بسامد رادیویی

کاربرد	مقدار سیگنال ارتعاش m/s^2	بیشینه مقدار مرز پایینی گستره ی اندازه‌گیری m/s^2
انتقال یافته با دست	2	1
تمام بدن	0.2	0.1
تمام بدن با بسامد پایین	0.2	0.1

سیگنال ارتعاش باید برای شتاب سنج در وضعی به کار رود که هیچ تداخلی با میدان بسامد برق .a.c یا بسامد رادیویی به کار رفته ایجاد نشود. همچنین روش به کار گیری سیگنال ارتعاش نباید با بهره برداری معمولی سنجه ی ارتعاش، یا با مستعد بودن دستگاه به میدان بسامد برق یا بسامد رادیویی تداخل داشته باشد.

هنگامی که میدان بسامد برق .a.c یا بسامد رادیویی به کار گرفته می شود، تغییر در مقدار ارتعاش نشان داده شده نباید از ٪ ۱۰± فراتر رود.

برای سنجه های با پورت برق ورودی .a.c و در صورت آماده بودن، پورت برق خروجی .a.c، مصونیت در برابر تداخل مُد مشترک بسامد رادیویی باید روی گستره ی بسامد از ۰/۱۵ تا ۸۰ مگاهرتز نشان داده شود. میدان بسامد رادیویی باید با سیگنال سینوسی در بسامد مرجع برای کاربرد اندازه‌گیری، ٪۸۰ مدوله ی دامنه ی نوسان شده باشد. در صورت عدم مدوله شدن، ولتاژ بسامد رادیویی مجذور میانگین مربعات باید هنگام خروج از منبع ۱۵۰ اهمی، ۱۰ V باشد. مصونیت در برابر گذراهای سریع روی منبع تغذیه باید برای سیگنالی که ۲ kV ولتاژ قله و بسامد تکرار ۵ kHz مطابق با استاندارد IEC 61000-6-2:1999، جدول ۴ دارد، به کار گرفته شود. ویژگی های تکمیلی برای مصونیت در برابر عمق ولتاژ، قطع ولتاژ و تغییرات ناگهانی ولتاژ باید همانند موارد توصیف شده در استاندارد IEC 61000-6-2:1999، جدول ۴ باشد.

برای سنجه های با پورت های سیگنال یا کنترل که در آن ها هر کابل اتصال میانی بین هر قسمتی از سیستم، طولی فراتر از ۳ متر داشته باشد، ویژگی های استاندارد IEC 61000-6-2:1999، جدول ۲ برای مصونیت در برابر تداخل مُد مشترک بسامد رادیویی روی گستره ی بسامد از ۰/۱۵ تا ۸۰ مگاهرتز برای ولتاژ جذر میانگین مربعاتV ۱۰ غیر مدوله شده، به کار می روند. ویژگی های مصونیت در برابر گذراهای سریع روی سیستم منبع تغذیه ی عمومی باید برای سیگنالی که kV ۱ ولتاژ قله و بسامد تکرار kHz ۵ مطابق با استاندارد IEC 61000-6-2:1999، جدول ۲ دارد، به کار گرفته شود.

مطابق با استاندارد IEC 61000-4-6، برای سنجه های ارتعاش انتقال یافته با دست، طی آزمون ها باید دستی مصنوعی اطراف دستگاه قرار داده شود تا مصونیت در برابر تداخل مُد مشترک بسامد رادیویی روی گستره ی بسامد مشخص شده را نمایش دهد.

ممکن است مستندات دستگاه بیان کند که سنجه ی ارتعاش با ویژگی های قرار گرفتن در معرض میدان های بسامد برق.a.c و بسامد رادیویی در ارتعاش نشان داده شده ای که کمتر از مقدار نشان داده شده در جدول ۱۶ است، انطباق دارد. در این مورد، سنجه ی ارتعاش باید با حدود رواداری قابل کاربرد برای تمام مقادیر ارتعاش کمتر از مقدار آزمون نشان داده شده در جدول ۱۶ تا مقدار پایین تر بیان شده، انطباق داشته باشد. این الزام برای تمام گستره های اندازه‌گیری برای تمام ویژگی های اعمال می شود. مقدار پایین تر باید در مستندات دستگاه بیان شود و باید برای تمام مُد های بهره برداری دستگاه به کار گرفته شود.

۱۲-۲۱ گزارش آزمون

در گزارش آزمون باید جزئیات کامل پیکره بندی های آزمون، جهت گیری های دستگاه آزمون، شرایط آزمون و نتایج آزمون، از جمله عدم قطعیت های بسط یافته ی واقعی متناظر داده شوند. گزارش آزمون باید بیان کند که کل دستگاه با ویژگی های این استاندارد انطباق دارد، یا ندارد.

اطلاعات تکمیلی آزمون یادداشت شده در استانداردIEC 61000-4-3:2002 ، بند ۸ باید گنجانده شوند. هر تنزلی در عملکرد، از بین رفتن وظیفه، یا از بین رفتن داده های یادداشت شده در انتهای مجموعه ای از آزمون های تخلیه ی الکترواستاتیک، میدان بسامد برق .a.c یا آزمون های میدان بسامد رادیویی باید گزارش شوند.

۱۳ آزمون های تصدیقی

۱۳-۱ مقدمه

این بند جزئیات آزمون های ضروری برای تصدیق انطباق دستگاه ارتعاش با ویژگی های این استاندارد، همراه با روش هایی که باید برای آزمون استفاده شوند، فراهم می کند.

تصدیق با ویژگی های این استاندارد زمانی عملا اثبات می شود که نتیجه ی اندازه‌گیری انحراف از یک هدف طراحی، گسترش یافته با عدم قطعیت بسط یافته ی واقعی اندازه‌گیری آزمایشگاه آزمون، کاملا درون حدود رواداری مشخص شده قرار دارد.

عدم قطعیت های اندازه‌گیری باید مطابق با GUM تعیین شوند. عدم قطعیت های بسط یافته ی واقعی باید در آزمایشگاه آزمون، با ضریب پوشش حداقل ۲ محاسبه شوند.

عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری داده شده در این بند، بیشینه مجاز برای اثبات عملی انطباق، تحت این بند با ویژگی های این استاندارد هستند. آزمایشگاه های آزمون نباید آزمون هایی برای اثبات عملی تصدیق با ویژگی های این استاندارد انجام دهند اگر عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری واقعی آن ها از بیشینه مقادیر مجاز فراتر روند.

هیچ یک از آزمون های مشخص شده در این بند نباید حذف شوند مگر این که دستگاه دارای امکاناتی که ازمون روی آن انجام می شود، نباشد و یا آزمون نامربوط باشد.

در صورتی که سیستم های روشن-خاموش گستره ی محدودی از کاربرد محیطی دارند، این امر باید بیان شود.

تمام آزمون های توصیف شده در این بند برای هر کدام از کانال های دستگاه چند کاناله به کار می روند، مگر این که به نحو دیگری مشخص شده باشد.

۱۳-۲ الزامات انجام آزمون

دستگاه هایی که برای آزمون تصدیق استفاده می شوند و بر عدم قطعیت خروجی های آزمون تاثیر می گذارند، باید دارای کالیبراسیون های معتبر و قابل ردیابی به استانداردهای ملی باشند.

بسامد سیگنال های ورودی باید درون ٪ ۰/۲± از مقدار الزامی باشد.

بزرگی سیگنال های ورودی مکانیکی باید درون ٪ ۳± از مقدار الزامی باشد.

شرایط محیطی غالب در زمان آزمون باید درون گستره های زیر باشند:

- دمای هوا: ۱۹ تا ۲۷ درجه سلسیوس
- رطوبت نسبی: بزرگتر یا مساوی ٪ ۹۰ (بدون بخار)

تغییر شکل کل برای ورودی های آزمون ارتعاش سینوسی مکانیکی نباید بیشتر از ٪ ۵ باشد.

تغییر شکل کل برای ورودی های آزمون سینوسی الکتریکی نباید بیشتر از ٪ ۰/۱ باشد.

۱۳-۳ تحویل برای آزمون

ترانسدیوسر ارتعاش از نوع مورد توصیه برای استفاده با دستگاه ارتعاش باید با سنجه‌ی ارتعاش فراهم شود.

ممکن است از ترانسدیوسرهای ارتعاش غیر از آن هایی که برای آزمون تصدیق فراهم شده اند، با دستگاه ارتعاش استفاده شود، به این شرط که ویژگی های آن ترانسدیوسرهای ارتعاش با ترانسدیوسری که برای انجام آزمون تامین شده، یکسان باشد.

۱۳-۴ علامت گذاری سنجه ی ارتعاش و اطلاعات مستندات دستگاه

باید تایید شود که دستگاه مطابق با ویژگی های بند ۹ علامت گذاری شده است.

قبل از انجام هر آزمونی، باید تایید شود که مستندات دستگاه تمام اطلاعات الزامی بند ۱۰، مناسب با امکانات فراهم شده با سنجه ی ارتعاش را در بر دارد. پس از تکمیل تمام آزمون ها، این اطلاعات باید مرور شوند تا اطمینان حاصل شود که صحیح بوده و درون حدود رواداری مناسب قرار دارد.

۱۳-۵ امکانات اجباری و الزامات کلی

باید تایید شود که سنجه ی ارتعاش با الزامات بند ۵-۱ انطباق دارد.

برای دستگاه های دارای چند گستره ی اندازه‌گیری، باید تایید شود که هم پوشانی گستره ی اندازه‌گیری با ویژگی های بند ۵-۷ انطباق دارد.

باید تایید شود که نمایش با ویژگی های بند ۵-۲ انطباق دارد.

در صورتی که مستندات دستگاه مدل و نوع خاصی از باتری ها را مشخص می کند، چنین باتری هایی باید نصب شوند.

باید تایید شود که سنجه ی ارتعاش دارای فیلتر وزن دهی محدود کننده ی باند، حداقل برای آزمون تصدیق می باشد.

اگر دستگاه، الزامات فهرست شده در این بند را برآورده نسازد، نباید آزمون ها را برای اثبات عملی انطباق با ویژگی های عملکردی این استاندارد انجام داد.

۱۳-۶ آماده سازی ابتدائی دستگاه

قبل از انجام هر آزمونی، باید منبع تغذیه ای درون حدود بهره برداری مشخص شده توسط سازنده، برای دستگاه فراهم شود. دستگاه، ترانسدیوسر و کالیبراتور ارتعاش باید بصورت بصری بازرسی شده و تمام کنترل ها بهره برداری شوند تا از کار کردن آن ها اطمینان حاصل شود.

باید برای قرار دادن حساسیت ارتعاش دستگاه در بسامد وارسی کالیبراسیون، از روش اجرایی داده شده در مستندات دستگاه پیروی کرد. همه ی تنظیمات الزامی بند ۵-۴ و داده شده در مستندات دستگاه باید به کار روند تا حساسیت سنجه ی ارتعاش برای نمایش مقدار صحیح ارتعاش تحت شرایط محیطی مرجع تنظیم شود.

۱۳-۷ نشاندهی در بسامد مرجع تحت شرایط مرجع

هر خطایی در نشاندهی مقدار تسریع مرجع در بسامد مرجع، باید از تفاوت بین مقدار ارتعاش نشان داده شده بوسیله ی دستگاه و مقدار ارتعاش متناظر اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع مناسب در همان نقطه ی اندازه‌گیری، تعیین گردد.

خطای εاندازه‌گیری آزمون (a_{test}) به صورت درصدی از اندازه‌گیری ترانسدیوسر ارتعاش مرجع (a_{ref}) بیان شده است؛ به فرمول (۱۵) مراجعه کنید.

قبل از اندازه‌گیری بزرگی ارتعاش با سنجه ی ارتعاش، باید از ترانسدیوسر ارتعاش مرجع برای اندازه‌گیری مقدار ورودی ارتعاش مکانیکی تولید شده در مقدار ارتعاش مرجع و در بسامد مرجع استفاده شود. برای این اندازه‌گیری ها، سنجه ی ارتعاش باید روی وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند و میانگین گیری زمانی خطی قرار گیرد و مدت زمان اندازه‌گیری آن حداقل ۳۰ ثانیه برای ارتعاش دست-بازو، ۱ دقیقه برای ارتعاش تمام بدن، و ۵ دقیقه برای کاربردهای تمام بدن با بسامد پایین باشد. مقدار سیگنال ورودی بعلاوه ی نوفه پس زمینه باید حداقل ۱۰ برابر مقدار نوفه پس زمینه باشد.

تعداد حداقل سه اندازه‌گیری از خطای نشاندهی باید به دست آید. برای هر اندازه‌گیری، باید بازه ای زمانی که حداقل برابر بازه ی زمانی بیان شده در مستندات دستگاه برای زمان استقرار دستگاه است، برای دستگاه مجاز شود تا قبل از ثبت هر نشاندهی، با شرایط غالب محیطی به تعادل برسد. تفاوت بین بزرگترین و کوچکترین این سه اندازه‌گیری نباید از ٪ ۳ فراتر رود.

میانگین حسابی اندازه‌گیری های خطای نشاندهی باید درون حدود رواداری قابل کاربرد جدول ۲ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ می باشد.

برای هر وزن دهی بسامد فراهم شده، باید سیگنال الکتریکی سینوسی پایداری برای امکانات ورودی الکتریکی در بسامد مرجع مناسب به کار گرفته شود. با یک سیگنال ورودی تنظیم شده در مقدار ارتعاش مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع با وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، مقادیر ارتعاش وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده باید با مقدار ارتعاش وزن دهی شده ی محدود کننده ی باند ضرب شده با فاکتور وزن دهی مناسب (به جدول ۱ مراجعه کنید) و درون حدود رواداری جدول ۲ برابر باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ می باشد.

برای دستگاهی که در آن وزن دهی های زمانی فراهم شده اند، باید سیگنال الکتریکی سینوسی پایداری برای امکانات ورودی الکتریکی در بسامد مرجع به کار گرفته شود. دامنه ی نوسان سیگنال ورودی باید طوری تنظیم شود تا نشاندهی از مقدار ارتعاش مرجع برروی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، با سنجه ی ارتعاش قرار گرفته در وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، بدست دهد. با سیگنال ورودی یکسان، مقادیر ارتعاش نشان داده شده روی هر وزن دهی زمانی باید با مقدار ارتعاش مرجع نشان داده شده و درون حدود رواداری جدول ۲ برابر باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ می باشد.

۸-۱۳ تداخل سیگنالی الکتریکی

برای دستگاه های با بیش از یک کانال اندازه‌گیری (برای مثال دستگاه های اندازه‌گیری سه محوره)، آزمون ها باید روی تداخل الکتریکی بین کانال ها انجام شوند.

همه ی کانال ها باید روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع قرار داده شوند. باید یک ورودی الکتریکی، به ترتیب برای هر کانال در بسامد مرجع به کار گرفته شود. دامنه ی نوسان سیگنال آزمون باید درون ۵ دسی‌بل بالایی گستره ی مرجع باشد. خروجی تمام کانال ها باید طی آزمون ها پایش شوند.

خروجی تمام کانال ها نباید از الزامات بند ۵-۱۶ فراتر روند.

۱۳-۹ خطی بودن دامنه ی نوسان و نشان‌دهی زیر گستره

خطی بودن دامنه ی نوسان دستگاه باید با سیگنال های الکتریکی سینوسی پایدار در بسامد مرجع مورد آزمون قرار گیرند. خطی بودن دامنه ی نوسان را باید با دستگاه روی اندازه‌گیری با میانگین زمانی و وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، مورد آزمون قرار داد.

آزمون های خطی بودن دامنه ی نوسان باید با سیگنال هایی که برای امکانات ورودی الکتریکی مشخص شده به کار می روند، شروع شوند. سیگنال ورودی باید طوری تنظیم شود که مقدار ارتعاش مرجع را روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع نمایش دهد.

نقطه ی شروع برای آزمون های خطی بودن دامنه ی نوسان روی هر گستره ی اندازه‌گیری باید مقدار ارتعاش مرجع ضرب شده با فاکتور تضعیف نامی معرفی شده بوسیله ی کنترل گستره ی اندازه‌گیری باشد که در تنظیمات روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع نسبی است.

روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و در بسامد مرجع، مقدار سیگنال ورودی باید در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از مرز پایینی مشخص شده ی این گستره ی اندازه‌گیری، تا مقدار سیگنال ورودی ای افزایش یابد که موجب اولین نشاندهی اضافه بار می شود. مقدار سیگنال سپس باید در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از مقدار سیگنالی که اولین نشاندهی اضافه بار را ایجاد کرده، تا مرز پایینی مشخص شده کاهش یابد. برای هر مقدار سیگنال ورودی، نشاندهی روی وسیله ی نمایش دستگاه و مقدار سیگنال ورودی باید ثبت شوند.

برای مقدار سیگنال ورودی بسامد مرجع، از مرز پایینی مشخص شده ی گستره ی اندازه‌گیری مرجع تا اولین نشاندهی اضافه بار، خطاهای خطی بودن دامنه ی نوسان باید درون حدود رواداری قابل کاربرد داده شده در بند ۵-۷ باشند. وسعت گستره ی بهره برداری خطی بسامد مرجع روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع باید با الزمات گستره ی بهره برداری خطی داده شده در بند ۵-۷ بین بزرگی های ارتعاش نامی مشخص شده برای مرز های بالایی و پایینی مطابقت داشته باشد. وزن دهی بسامد الکتریکی در بسامد مرجع برای نشاندهی از بزرگی ارتعاش مرجع برروی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، واحد است. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ می باشد.

به دنبال آزمون های انجام شده برروی گستره ی اندازه‌گیری مرجع، خطی بودن دامنه ی نوسان باید بصورت تکمیلی برروی بالاترین و پایین ترین گستره های اندازه‌گیری مورد آزمون قرار گیرد. آزمون ها باید در بسامد

مرجع و در نموهای مشخص شده در جدول ۱۴ از نقطه ی شروع تا مرز پایینی و تا مرز بالایی مشخص شده برای هر گستره ی اندازه‌گیری انجام شوند.

برروی هر گستره ی اندازه‌گیری تکمیلی مورد آزمون قرار گرفته، خطاهای خطی بودن دامنه ی نوسان باید درون حدود رواداری قابل کاربرد بند ۵-۷ روی وسعت گستره های بهره برداری خطی مشخص شده در مستندات دستگاه و تا اولین نشان‌دهی اضافه بار باشند. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ است.

برای دستگاه هایی که مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی را اندازه می گیرند و گستره ی بهره برداری خطی آن ها بزرگتر از گستره ی نمایش نشان دهنده است، می توان خطی بودن دامنه ی نوسان را با استفاده از تن-برست ها برای اندازه‌گیری های خطی بودن دامنه ی نوسان در سیگنال های ورودی بر فراز نقطه ی بالایی گستره ی نمایش نشان دهنده، مورد آزمون قرار داد.

برای سنجه های ارتعاش یا امکانات میانگین گیری زمانی که گستره ی بهره برداری خطی آن ها بزرگتر از گستره ی نمایش نشان دهنده است، خطاهای خطی بودن بر فراز نقطه ی بالایی گستره ی نمایش را می توان با استفاده از تن برست های استخراج شده از سیگنال های ورودی پایدار اندازه گرفت. مدت زمان تن برست ها نبایستی کمتر از ۳۰ ثانیه برای ارتعاش دست-بازو، یا ۵ دقیقه برای ارتعاش تمام بدن باشد (این آزمون برای ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین به کار نمی رود). زمان های انتگرال گیری باید بزرگتر از مدت زمان تن-برست باشند.

روی هر گستره ی اندازه‌گیری، و برای هر بسامد آزمون، نشان دهنده ی زیر گستره نباید زمانی را نشان دهد که مقدار سیگنال نشان داده شده، بزرگتر یا مساوی با مرز پایینی مشخص شده ی گستره ی اندازه‌گیری است. روی هر گستره ی اندازه‌گیری و در هر بسامد آزمون، نشان دهنده ی زیر گستره باید برای مقادیر سیگنالی که ۱ دسی‌بل کمتر از مرز پایینی مشخص شده ی گستره هستند، نمایش داده شود.

۱۳-۱۰ وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد

۱۳-۱۰-۱ کلیات

روش اجرایی توصیف شده در این قسمت برای ارزیابی ویژگی های وزن دهی بسامد و پاسخ بسامد، فرض می کند که دستگاه ارتعاش، خروجی الکتریکی ندارد. اگر خروجی الکتریکی آماده بوده و برای آزمون ها استفاده شود، باید آزمون های ابتدائی را برای تعیین تناظر بین مقادیر ارتعاش وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده روی وسیله ی نمایش و ولتاژهای خروجی الکتریکی انجام داد. در آزمون های وزن دهی بسامد، نباید هیچ اقدامی برای به حساب آوردن خطاهای خطی بودن انجام داد.

برای هر کاربرد (دست-بازو، تمام بدن و تمام بدن با بسامد پایین) که وزن دهی های بسامد آن در دستگاه ارتعاش فراهم شده است، باید یک وزن دهی بسامد را برای انجام آزمون، هم با سیگنال های سینوسی

مکانیکی و هم الکتریکی برگزید. سایر وزن دهی های بسامد را باید با استفاده از سیگنال های مکانیکی یا الکتریکی مورد آزمون قرار داد.

آزمون های وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد را باید روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع انجام داد. در صورتی که آزمایشگاه آزمون در نظر می گیرد که ممکن است قابلیت دستگاه برای انطباق با ویژگی های وزن دهی بسامد یا پاسخ بسامد، تحت تاثیر تنظیمات کنترل گستره ی اندازه‌گیری باشد، درآنصورت باید آزمون های تکمیلی انجام شوند. باید تمام اندازه‌گیری ها بر روی گستره های اندازه‌گیری که در آن ها خطاهای خطی بودن، درون حدود رواداری قابل کاربرد داده شده در بند ۵-۷ هستند انجام گردد.

آزمون های پاسخ بسامد باید در گام هایی با بیشینه یک سوم اکتاو در عرض گستره های بسامد مشخص شده در جدول ۱۵ ساخته شوند.

یادآوری۱ – روش های آزمون پاسخ بسامد جزء فاز وزن دهی های بسامد در پیوست ح آمده است.

یادآوری۲– خطاهای (ε) ذکر شده در بند ۱۳-۱۰ اندازه های نسبی هستند، یعنی خطاهای نسبی که به صورت درصد بیان شده اند.

۱۳-۱۰-۲ آزمون های مکانیکی پاسخ بسامد

پاسخ بسامد مکانیکی دستگاه ارتعاش باید بوسیله ی مقایسه با اندازه های تسریع وزن دهی نشده تعیین شوند که به وسیله ی ترانسدیوسر ارتعاش مرجع کالیبره شده ی مناسب آزمایشگاه به دست آمده اند. خطای پاسخ بسامد باید نشاندهی مقدار تسریع وزن دهی شده با بسامد روی دستگاه ارتعاش منهای مقدار ارتعاش اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع کالیبره شده باشد که در فاکتور وزن دهی بسامد مناسب ضرب شده است. شتاب سنج ها باید مطابق با استاندارد ISO 16063-21 برای کالیبراسیون نصب شوند.

در بسامد مرجع، ارتعاش مکانیکی ورودی باید طوری تنظیم شود تا قرائت ارتعاش وزن دهی نشده ای ۲۰ دسی‌بل بالاتر از حد پایینی گستره ی خطی مشخص شده، روی دستگاه آزمون تولید کند. باید از مقدار تسریع وزن دهی نشده ی این سیگنال ورودی (a_{in}) به عنوان مقدار ورودی مرجع برای آزمون های بعدی استفاده کرد.

در هر بسامد آزمون، سطح سیگنال ورودی باید طوری تنظیم شود تا همان مقدار ارتعاش ورودی (a_{in}) اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه را ایجاد کند. باید مقدار تسریع ارتعاش ورودی و نشان‌دهی سنجه ی ارتعاش (a_{ind}) را در همه ی بسامد های آزمون تعریف شده در جدول ۱۵ برای آزمون های مکانیکی مورد توجه قرار داد.

خطای پاسخ بسامد $\varepsilon(f)$در بسامد f،با فرمول (۱۶) داده شده است.

هنگام بنا نهادن مقدار پایدار ارتعاش در بسامد های مختلف، باید پاسخ بسامد ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه را به حساب آورد.

اگر نتوان مقدار پایدار ارتعاش را در کل گستره ی بسامد ها نگهداری کرد، باید مقادیر سیگنال نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه را بر حسب لزوم، برای تفاوت های بین مقدار ارتعاش اندازه‌گیری شده با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع آزمایشگاه در بسامد آزمون و در بسامد مرجع، تصحیح کرد. مقادیر سیگنال نمایش داده شده با دستگاه نیز باید، همان گونه که الزامی است، برای هر حالت غیر خطی بین نشاندهی در بسامد آزمون و نشاندهی در بسامد مرجع، تصحیح شوند.

بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد ها در گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۵ می باشد.

پیوست ج، اطلاعات آزمون برای سیستم های نصبی فراهم می کند که با دستگاه فراهم شده اند.

۱۳-۱۰-۳ آزمون های الکتریکی پاسخ بسامد

باید سیگنال های سینوسی الکتریکی برای امکانات ورودی الکتریکی دستگاه به کار روند.

در بسامد مرجع، سیگنال الکتریکی ورودی باید طوری تنظیم شود تا قرائت ارتعاش محدود کننده ی باندی ۲۰ دسی‌بل بالاتر از حد پایینی مشخص شده ی گستره ی خطی بودن، روی دستگاه آزمون تولید کند. باید از مقدار وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده ی (a_{ind}) این سیگنال ورودی به عنوان مقدار مرجع برای آزمون های بعدی استفاده نمود.

در هر بسامد آزمون، مقدار سیگنال ورودی .r.m.s (u_{in}) باید طوری تنظیم شود تا همان مقدار وزن دهی شده با بسامد نشان داده شده (a_{ind}) ، نمایش داده شود. باید مقدار سیگنال ورودی و نشاندهی سنجه ی ارتعاش را در تمام بسامد های آزمون تعریف شده در جدول ۱۵ برای انجام آزمون الکتریکی، مورد توجه قرار داد.

جزء الکتریکی خطای پاسخ بسامد $\varepsilon_e(f)$ در بسامد f، با فرمول (۱۹) داده شده است.

در همه ی بسامد ها، مقدار .r.m.s سیگنال ورودی به علاوه ی نوفه دستگاه باید حداقل ۱۰ برابر مقدار .r.m.s نوفه دستگاه باشند.

اگر نتوان همان مقدار ارتعاش نشان داده شده را در کل گستره ی بسامد ها نگهداری کرد، باید مقدار سیگنال نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه را بر حسب لزوم، برای تفاوت های بین مقدار ارتعاش سیگنال الکتریکی ورودی در بسامد آزمون و در بسامد مرجع، تصحیح نمود. همچنین مقادیر سیگنال نمایش داده شده بوسیله ی دستگاه را باید بر حسب لزوم، برای هر حالت غیر خطی بین نشاندهی بسامد آزمون و نشاندهی بسامد مرجع، تصحیح نمود.

بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد های گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۳ می باشد.

۱۳-۱۰-۴ تصدیق

برای آن دسته از وزن دهی های بسامد که با استفاده از آزمون های مکانیکی مورد آزمون قرار گرفته اند، خطای وزن دهی بسامد مستقیما از آزمون فراهم می شود (یعنی $\varepsilon(f)$در فرمول(۱۶)). برای وزن دهی های بسامدی که تنها با استفاده از آزمون الکتریکی مورد آزمون قرار گرفته اند، خطای کل وزن دهی بسامد باید برای پاسخ بسامد ترانسدیوسر ارتعاش $\varepsilon_t(f)$ به حساب آید. مقادیر $\varepsilon_t(f)$ با تفریق خطای $\varepsilon_e(f)$ از نتیجه ی آزمون مکانیکی $\varepsilon(f)$ برای وزن دهی بسامدی که بصورت مکانیکی مورد آزمون قرار گرفته است، به دست می آید.

مثال- دستگاهی دو وزن دهی تمام بدن فراهم می کند: w_d و w_k. w_d برای هر دو آزمون پاسخ بسامد مکانیکی و الکتریکی انتخاب می شود. پاسخ ترانسدیوسر ارتعاش با تفاوت بین نتایج آزمون های مکانیکی و الکتریکی برای w_d به دست می آید. این پاسخ ترانسدیوسر ارتعاش به پاسخ الکتریکی برای w_k افزوده می شود تا پاسخ بسامد کل دستگاه برای w_k به دست آید.

برای تمام وزن دهی های بسامد آماده، خطای پاسخ بسامد کل دستگاه باید درون حدود رواداری قابل کاربرد مشخص شده در بند ۵-۶ باشد. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری برای تمام بسامد ها در گستره ی بسامد نامی مناسب، ٪ ۵ می باشد.

باید تصدیق شود که سایر پاسخ های بسامد اختیاری فراهم شده، با اهداف طراحی و حدود رواداری بیان شده در مستندات دستگاه انطباق داشته باشند.

۱۳-۱۱ نوفه دستگاه

مقدار معمولی نوفه دستگاه باید از میانگین حسابی ده اندازه‌گیری با ترانسدیوسر ارتعاش دستگاه تعیین شود که به شیئ غیر مرتعشی وصل است که مقدار معنی داری به مقدار ارتعاش نشان داده شده نمی افزاید. آزمون ها باید برای ارتعاش های با میانگین زمانی انجام شود. باید زمان میانگین گیری بیان شود و باید حداقل ۱ دقیقه برای ارتعاش دست-بازو، ۵ دقیقه برای ارتعاش تمام بدن، و ۳۰ دقیقه برای کاربردهای تمام بدن با بسامد پایین باشد.

۱۳-۱۲ پاسخ سیگنال-برست

با قرار دادن دستگاه روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و وزن دهی محدود کننده ی باند قابل کاربرد، باید سیگنال الکتریکی دندان اره ای پیوسته ای به کار رود و مقدار سیگنال طوری تنظیم شود تا نشاندهی در ٪ ۵۰ مرز بالایی مشخص شده ی گستره ی بهره برداری خطی به دست آید. سپس باید سیگنال-برست های هشت چرخه ای مشخص شده در جدول ۶ را برای تمام وزن دهی های زمان و بسامد آماده به کار گرفت.

زمان افت موج برست دندان اره ای نباید بیشتر از $1/(5f_2)$ باشد، که در آن f_2 بسامد بالایی محدود کننده ی جزء محدود کننده ی باند وزن دهی بسامد مناسب می باشد که در جدول ۳ تعریف شده است.

هنگام بوجود آوردن موج دندان اره ای، گذراهای کلید زنی بسامد بالا می توانند تولید شوند. برای این که از تاثیر این گذراها بر آزمون جلوگیری شود، ممکن است فیلتر تک قطبی عبور پایین بین ژنراتور سیگنال و دستگاه تحت آزمون، ضروری باشد. بایستی بسامد قطع آنقدر بالا باشد تا از تاثیر بر نتایج آزمون جلوگیری شود (برای مثال f_2 ۱۰۰) .

اندازه‌گیری های پاسخ سیگنال-برست باید در حالی تکرار شوند که مقدار سیگنال پایدار ورودی با ضریب ۱۰ تا مقدار سیگنال ورودی ای کاهش یابد که نشاندهی حداقل سه برابر بزرگتر از مرز پایینی مشخص شده برای گستره‌ی بهره برداری خطی به دست می دهد.

مقادیر ارتعاش نشان داده شده در پاسخ به سیگنال برست ها که در مقادیر دامنه ی نوسان ارتعاش سیگنال ورودی نسبی اند، باید طبق مقادیر مشخص شده در جداول ۷ تا ۹، مناسب برای کاربرد باشند. خطاهای پاسخ سیگنال-برست باید درون حدود رواداری داده شده در جداول ۷ تا ۹ باشند. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۳ است.

۱۳-۱۳ نشاندهی اضافه بار

نشاندهی های اضافه بار باید با به کار گرفتن سیگنال های الکتریکی سینوسی یک و نیم چرخه ی مثبت و منفی در بسامد مرجع و با قرار دادن دستگاه روی وزن دهی بسامد محدود کننده ی باند، گستره ی اندازه-گیری مرجع، و با یک سیگنال یک ونیم چرخه ی مثبت مورد آزمون قرار گیرند. مقدار سیگنال باید تا اولین نشاندهی اضافه بار افزایش یابد. پروسه باید با یک سیگنال یک و نیم چرخه ی منفی تکرار شود. در هر مورد، کمترین مقدار سیگنال ورودی که اولین نشاندهی اضافه بار را ایجاد می کند باید ثبت شود. تفاوت بین دو مقدار سیگنال ورودی که در آن اضافه بار برای اولین بار نشان داده می شود، نباید از حدود رواداری داده شده در بند ۵-۱۰ فراتر رود. بیشینه عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری، ٪ ۲ است.

یادآوری – علاوه بر آزمون های الزامی در بسامد های مشخص شده در این بند، ممکن است نشاندهی اضافه بار در سایر بسامد هایی که در اختیار آزمایشگاه آزمون هستند، مورد آزمون قرار گیرد.

نشان دهنده ی اضافه بار باید برای همه ی سیگنال های ورودی، بزرگتر از کمترین مقدار سیگنال ورودی عمل کند که نشاندهی اضافه باری تا بیشینه مقدار سیگنال ورودی مشخص شده در مستندات دستگاه ایجاد کرده اند.

هنگامی که مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی یا بیشینه مقادیر ارتعاش اندازه‌گیری می شوند، نشان دهنده ی اضافه بار باید هنگام وقوع وضعیت اضافه بار، همان گونه که در بند ۵-۱۰ مشخص شده است، متصل باشد. درصورتی که برای اندازه‌گیری بزرگی های ارتعاش با میانگین زمانی، از سنجه‌ی ارتعاش استفاده می شود، نشاندهی اضافه بار باید همان گونه که در بند ۵-۱۰ مشخص شده است، نمایش داده شود.

۱۳-۱۴ بازنشانی

باید تایید شود که بهره برداری امکانات بازنشانی(در صورتی که فراهم شده باشد)، نشاندهی قبلی نمایش را لغو می کند، و این که بهره برداری امکانات بازنشانی برروی هیچ وسیله ی نمایشی، باعث ایجاد نشاندهی های ساختگی نمی شود.

۱۳-۱۵ خروجی های محورهای ترکیب شده

این آزمون اطمینان حاصل می کند که مقادیر چند محوری، در هنگام نمایش خروجی محور ترکیب شده، مطابق با استاندارد اندازه‌گیری مناسب ترکیب شده اند (برای مثال مقدار کل ارتعاش) .

دستگاه ارتعاش باید روی گستره ی اندازه‌گیری مرجع قرار داده شود. باید یک سیگنال ورودی الکتریکی در مقدار ارتعاش مرجع را به ترتیب برای هر محور به کار گرفت. مقدار نشان داده شده برای هر محور باید مورد توجه قرار گرفته و برای محاسبه ی نتیجه ی محور ترکیب شده مطابق با استانداردهای مناسب (ISO 5349-1، ISO 2631-1، ISO 2631-2 و ISO 2631-4) استفاده شود. سپس باید سیگنال ورودی، بطور هم زمان برای هر سه کانال ورودی به کار رود؛ مقدار محور ترکیب شده ی نشان داده شده باید برابر با نتیجه ی محاسبه شده درون ٪ ۳ ± باشد.
سیگنال روی یک کانال باید وارونه شود (یعنی تغییر فاز ۱۸۰ درجه). مقدار نشان داده شده پس از وارونه شدن سیگنال نباید بیش از ٪ ۲ تغییر کند.

برای ارتعاش تمام بدن، وزن دهی های استفاده شده برای محور های x-، y- و z- و فاکتورهای ضریب (k) استفاده شده برای ترکیب داده های تک محور، به کاربرد وابسته اند (برای مثال سلامتی، راحتی یا ادراک). برای تعیین خروجی های انتظار رفته بایستی از استاندارد ISO 2631-1 استفاده شود.

۱۳-۱۶ گزارش آزمون

در گزارش آزمون باید جزئیات کامل پیکره بندی های آزمون، شرایط آزمون و نتایج آزمون، از جمله عدم قطعیت های بسط یافته ی واقعی متناظر داده شوند. گزارش آزمون باید بیان کند که کل دستگاه نسبت به انطباق با ویژگی های این استاندارد تصدیق شده است یا خیر.

۱۴ وارسی درمحل

۱۴-۱ مقدمه

مقصود از وارسی های درمحل، برای کاربرد در میدان، پیش از اندازه‌گیری و به دنبال یک اندازه‌گیری یا مجموعه ای از اندازه‌گیری ها است. این وارسی ها به عنوان وارسی کالیبراسیون و انجام وظیفه ی پایه ای دستگاه به کار می روند.
مستندات دستگاه باید دستورالعمل هایی برای وارسی های درمحل مرتب را در خود بگنجاند.

۱۴-۲ بازرسی اولیه

مستندات دستگاه باید بازرسی بصری برای تایید انسجام فیزیکی دستگاه مشخص نماید. این بازرسی باید بازرسی از موارد زیر را در خود بگنجاند

- شتاب سنج، کابل و محفظه ی دستگاه: این قسمت ها نباید هیچ علامت قابل رویتی از خسارت فیزیکی نشان دهند.
- اتصالات بین شتاب سنج، کابل و دستگاه و سایر اتصالات بین اجزای دستگاه ارتعاش: این قسمت ها باید ایمن باشند.

۱۴-۳ حساسیت ارتعاش (کالیبراسیون میدانی)

مستندات دستگاه باید وارسی در محل حساسیت ارتعاش را تعریف کند. این تعریف باید موارد زیر را در خود بگنجاند:

- روشی اجرایی برای وارسی حساسیت ارتعاش مکانیکی دستگاه ارتعاش، که باید در مقدار ارتعاش مرجع برروی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و در بسامد وارسی کالیبراسیون با استفاده از کالیبراتور ارتعاش مشخص شده انجام گردد؛
- نشاندهی از بیشینه تغییر در حساسیت ارتعاش که به احتمال زیاد در استفاده ی معمولی رخ می دهد (یعنی گستره ی مورد انتظار تنظیم با حساسیت ارتعاش؛ تنظیم های بزرگتر از این گستره می توانند نشاندهی خرابی های دستگاه باشند)؛
- روش اجرایی مورد توصیه برای ثبت نتایج کالیبراسیون میدانی؛ این روش اجرایی باید جزئیات تاریخ و زمان آزمون، تنظیمات سنجه ی ارتعاش و کالیبراتور میدانی، حساسیت اولیه و تنظیم های ایجاد شده روی حساسیت را در خود بگنجاند.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

ویژگی های کالیبراتور میدانی ارتعاش

الف-۱ کلیات

کالیبراتور میدانی ارتعاش برای تولید ارتعاش مکانیکی با ویژگی های مشخص شده عمل می کند. این ارتعاش در مورد ترانسدیوسر ارتعاش برای وارسی های درمحل از حساسیت ارتعاش به کار گرفته می شود.

کالیبراتور مکانیکی باید سطح تخت کوپلینگ (میز ارتعاش) داشته باشد که ترانسدیوسر ارتعاش برروی آن نصب می گردد.

الف-۲ ویژگی ها

کالیبراتور میدانی ارتعاش باید الزامات زیر را برآورده کند:

جهت بردار ارتعاش: معمولی نسبت به سطح کوپلینگ

ارتعاش محور تقاطع/متقاطع: کمتر از ٪ ۱۰ درون گستره ی مشخص شده ی بار مفید

جهت گیری فضایی: اختیاری

زمان گرم شدن: زمان بین روشن کردن و انطباق با مشخصات سازنده و الزامات مشخص شده در این استاندارد باید کمتر از ۱۰ ثانیه باشد

بسامد: کالیبراتور باید در یک یا چند بسامد داده شده در جدول الف-۱ عمل کند. بسامد های دیگری را نیز می توان فراهم کرد.

بزرگی: به جدول الف-۱ مراجعه کنید. بزرگی های بسامد دیگر را نیز می توان فراهم کرد.

گنجایش بار، توده مجاز: به مقدار کافی برای ترانسدیوسر ارتعاش مورد نظر (شامل وسیله های کوپلینگ، اگر مناسب باشند) اما کمتر از ۷۰ گرم نباشد. (توده ی الزامی برای تصدیق با استفاده از ترانسدیوسر ارتعاش استاندارد.) حداقل و بیشینه گنجایش بار باید در مستندات دستگاه نشان داده شده باشد.

تغییر شکل کلی: کمتر از ٪ ۵ درون گستره ی مشخص شده ی گنجایش بار

تختی سطح: بطور نامی تخت باشد، به نحوی که اندازه‌گیری ها درون رواداری های مجاز برای تغییر شکل، تحت تاثیر فشار پایه قرار نگیرند

سوراخ نصب (شیردار): $90^\circ \pm 1^\circ$

میدان پراکندگی مغناطیسی(متناوب) نزدیک

به ترانسدیوسر ارتعاش در هر جهت: کمتر از ۱mT

سازگاری الکترومغناطیسی: آزمون سطح ۲ مشخص شده در استاندارد IEC 61000-4-3

درجه محافظت در برابر خاک

و پاشیدن آب: بسته به کاربرد، باید در مستندات دستگاه مشخص شود

گستره ی دما: ۰ تا ۴۰ درجه سلسیوس

گستره ی رطوبت نسبی: ٪ ۱۰ تا ٪ ۹۰ بدون بخار

داده های فنی تامین شده به همراه کالیبراتور میدانی(برای مثال به شکل گواهی نامه ی کالیبراتور یا در مستندات دستگاه) باید قرائت های مورد انتظار به عنوان تسریع های وزن دهی شده (تمام مُدهای ممکن سنجه ی ارتعاش) را برای تمام ترکیبات بسامد ها و بزرگی های کالیبراتور قابل انتخاب را فهرست کند.

جدول الف-۱ – مقادیر و حدود خطای مرجع برای کالیبراتور میدانی مکانیکی

ویژگی	نوع اندازه‌گیری			
	دست-بازو		تمام بدن	تمام بدن بسامد پایین
بسامد تسریع (r.m.s.) جذر میانگین مربعات	500 rad/s ± 0,5 % (79,577 Hz)	1 000 rad/s ± 0,5 % (159,155 Hz)	100 rad/s ± 0,5 % (15,915 Hz)	2,5 rad/s ± 0,5 [الف] (0,3979 Hz)
	10 m/s^2 ± 3 %	10 m/s^2 ± 3 %	1 m/s^2 ± 3 %	0,1 m/s^2 ± 5 %

الف) مشخص شده است که کالیبراتورهای میدانی فعلا برای چنین بسامد های پایینی آماده نیستند و اینکه استانداردهای کالیبراسیون پیکاپ ارتعاش، فعلا روش های کالیبراسیون اعتبار داده شده در این بسامد را فراهم نمی کنند. با این حال، برای اجرای اندازه‌گیری قابل اطمینان از ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین، مطلوب است که وارسی های کالیبراسیون در بسامدی درون گستره ی بسامد اندازه‌گیری اجرا شود. راه دیگر، یا اجرای وارسی ها در تسریع ایستا (یعنی وارونگی ترانسدیوسر، ۲g تغییر در تسریع ایجاد کند) است و یا انجام آزمون در بسامد هایی بسیار بالاتر از گستره ی اندازه‌گیری: هیچ کدام از این گزینه ها ایده آل نمی باشند.

الف-۳ سنجش الگو و آزمون تصدیق

سنجش الگو و تصدیق کالیبراتور میدانی باید با آزمون هایی بر پایه ی مقایسه با ترانسدیوسر ارتعاش مرجع و درون دامنه ی کاربرد استاندارد ISO 16063-21عملا اثبات شود که کالیبراتور های قابل حمل با هدف استفاده ی میدانی را پوشش می دهد.

روش آزمون از مقایسه با ترانسدیوسر مرجعی که مستقیما به سطح کوپلینگ کالیبراتور میدانی نصب شده است، استفاده می کند. روش اجرایی عبارتست از اندازه‌گیری تسریع .r.m.s و بسامد تولید شده با کالیبراتور. باید تایید شود که کالیبراتور میدانی، سیگنال ارتعاشی در بسامد و دامنه ی نوسان داده شده در جدول الف-۱ برای کاربرد مربوطه تولید می کند. عدم قطعیت های بسط یافته ی اندازه‌گیری باید مطابق با استاندارد ISO 16063-21:2003، پیوست A اندازه‌گیری شوند.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

وزن دهی های بسامد

مقادیر وزن دهی های بسامد و رواداری های داده شده در جداول ب-۱ تا ب-۹ و نشان داده شده در شکل های ب-۱ تا ب-۱۸، از اهداف طراحی تعریف شده بوسیله ی جداول ۳ و ۴ و ۵، و فرمول های (۸) تا (۱۲) محاسبه شده اند.

مقادیر وزن دهی بسامد داده شده در این جداول بر پایه ی بسامد های مرکزی یک سوم اکتاو حقیقی (f_c) هستند که در عبارت زیر ارائه شده است:

$$f_c(n) = 10^{n/10}\,Hz \qquad (ب-۱)$$

که در آن n تعداد باند بسامد مطابق با استاندارد IEC 61260 است.

بسامد های مرکزی در استاندارد IEC 61260 با استفاده از محاسبه ی $\log_{10}$ بسامد مرکزی یک سوم اکتاو تعریف شده اند.

از بسامد های مرکزی نامی داده شده، اغلب برای توصیف باند های منفرد استفاده می شود اما هنگام به کار گیری فاکتورهای وزن دهی های بسامد برای داده های باند یک سوم اکتاو، همواره بایستی از فاکتور های وزن دهی برای بسامد های مرکزی حقیقی استفاده نمود.

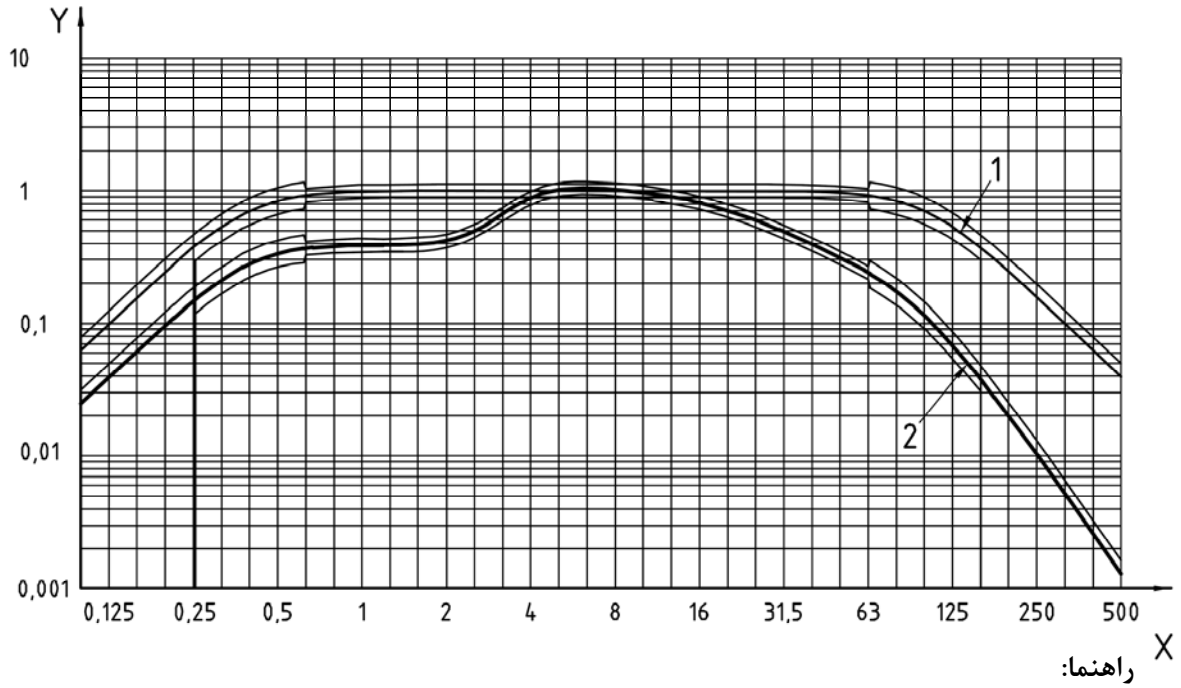
یادآوری۱- برخی استانداردهای اندازه‌گیری دارای وزن دهی های بسامد جدول بندی شده بر پایه ی بسامد های مرکزی نامی هستند. در این استاندارد، وزن دهی های بسامد بر پایه ی بسامد های مرکزی حقیقی هستند؛ این امر می تواند باعث شود که برخی از فاکتورهای وزن دهی با فاکتورهای وزن دهی استانداردهای اندازه‌گیری متفاوت باشند.

فیلترهای وزن دهی جدول بندی شده در این پیوست، وزن دهی های بسامد کل(تعریف شده با فرمول ۱۲) هستند؛ یعنی وزن دهی های جدول بندی شده شامل محدود کردن باند می شوند. رواداری های داده شده هم برای محدود کردن باند و هم فیلترهای وزن دهی به کار می روند.

یادآوری۲- برای اطلاعات این پیوست، مقادیر فاکتورهای وزن دهی، فازها و بسامد های دقیق مرکزی، تا چهار رقم معنی دار ارائه شده اند و سطوح وزن دهی دسی‌بل تا دو رقم اعشار ارائه شده اند. دقت این مقادیر جدول بندی شده، درستی الزامی شده برای دستگاه ها را نشان نمی دهد.

جدول ب-۱ – وزن دهی بسامد (w_b) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-4

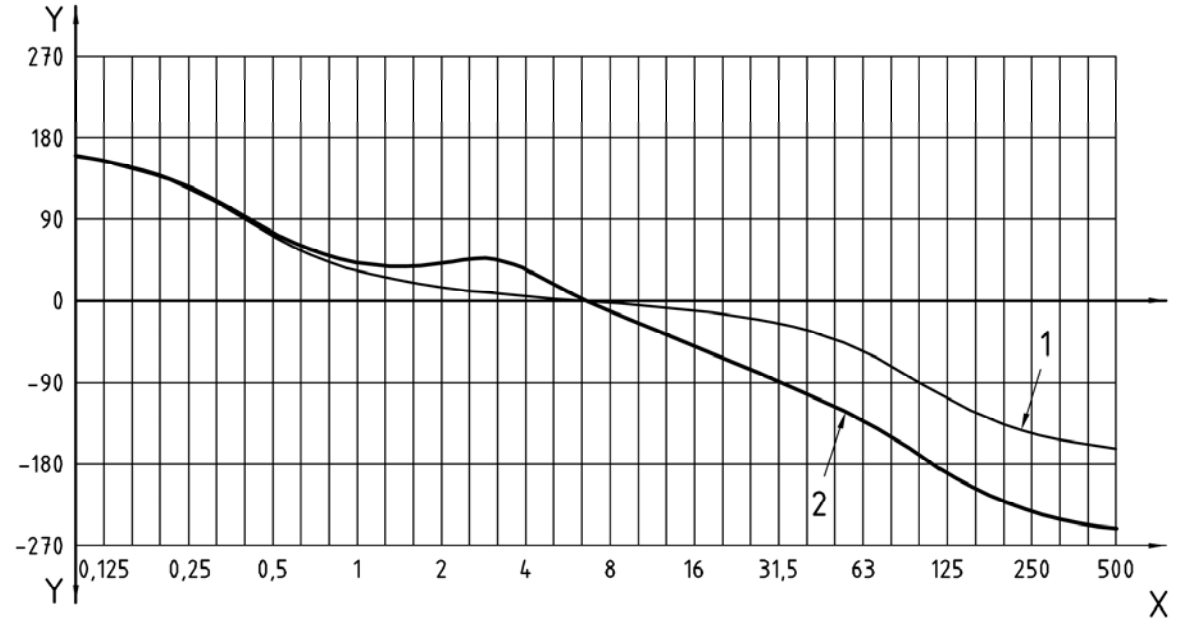
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_b			رواداری		
	صحیح	اسمی	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi_0$
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,024 94	−32,06	160	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,039 41	−28,09	154,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,061 98	−24,15	147,4	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,096 45	−20,31	138,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,146 4	−16,69	126	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,211 3	−13,50	110,7	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,28	−11,06	93,14	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,334 7	−9,51	75,73	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,366 6	−8,72	60,94	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,380 8	−8,39	49,84	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	0,385 3	−8,29	42,42	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	0,386 4	−8,26	38,51	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	0,391 6	−8,14	38,27	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	0,416 8	−7,60	41,76	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	0,496	−6,09	46,57	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	0,665 3	−3,54	45,79	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	0,885	−1,06	34,64	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	1,026	0,22	17,75	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	1,054	0,46	1,77	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	1,026	0,23	−11,94	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	0,974 5	−0,22	−24,56	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	0,904 2	−0,87	−37,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	0,814 4	−1,78	−49,93	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	0,708 8	−2,99	−62,89	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	0,597 3	−4,48	−75,75	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	0,490 6	−6,18	−88,55	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,395	−8,07	−101,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,311 8	−10,12	−116	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,238 9	−12,44	−132,2	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,173 4	−15,22	−150,9	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,115 4	−18,75	−171,3	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,069 29	−23,19	−191,3	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,038 18	−28,36	−208,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,019 99	−33,98	−222,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,010 2	−39,82	−232,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,005 154	−45,76	−240,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,002 591	−51,73	−247,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۱ – بزرگی وزن دهی بسامد (w_b) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-4



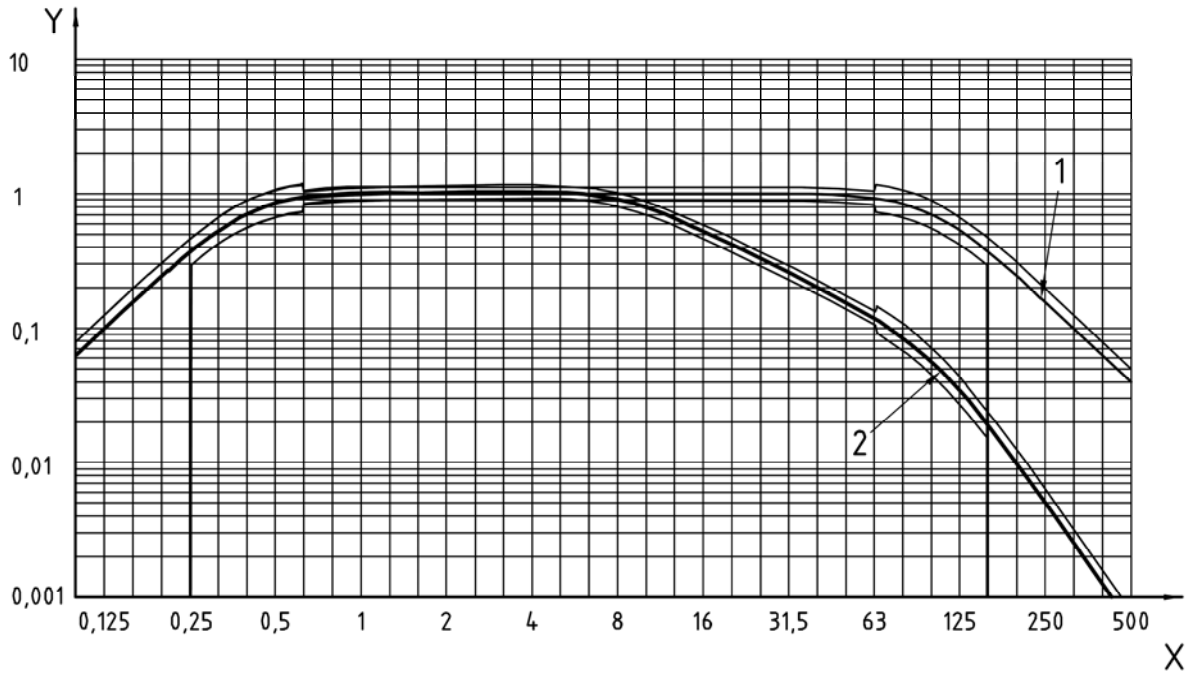
راهنما:

Y فاز (درجه)

شکل ب-۲ – فاز وزن دهی بسامد (w_b) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-4

جدول ب-۲- وزن دهی بسامد (w_c) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x، شخص تکیه داده، نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

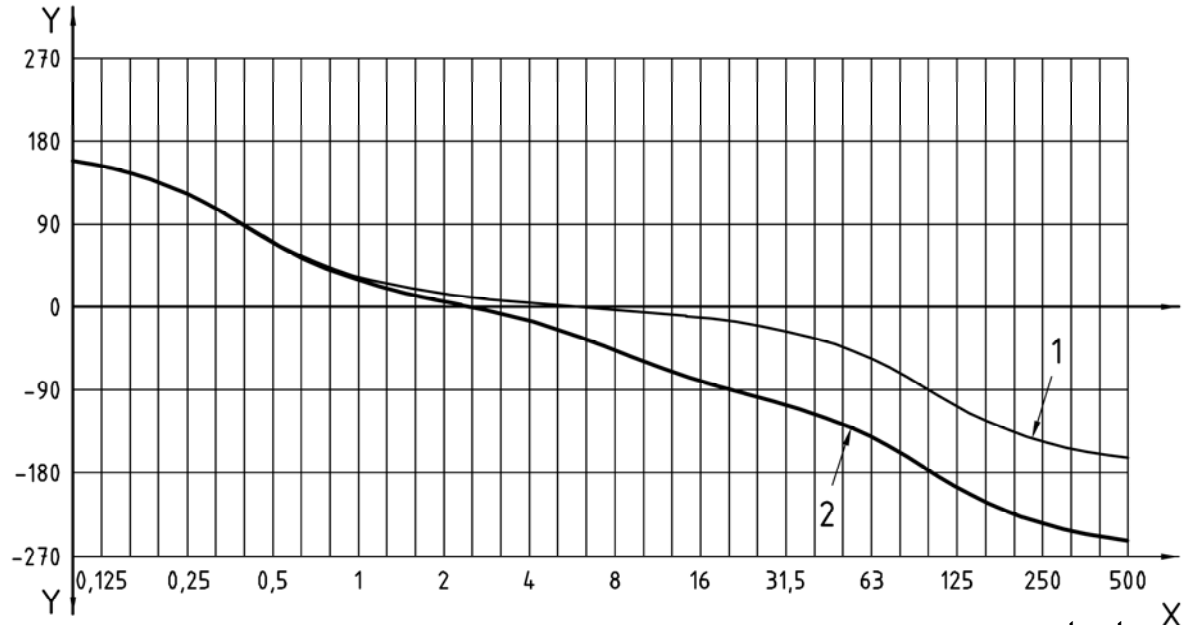
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_c			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi_0$
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,062 38	−24,10	158,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,098 58	−20,12	153,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,155 1	−16,19	145,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,241 5	−12,34	135,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,366 9	−8,71	123	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,530 2	−5,51	107	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,704 2	−3,05	88,38	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,844 2	−1,47	69,65	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,929 2	−0,64	53,11	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,971 6	−0,25	39,64	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	0,991	−0,08	28,88	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	1	0,00	20,11	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	1,006	0,06	12,66	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	1,012	0,10	5,957	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	1,017	0,15	−0,531 8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	1,023	0,19	−7,327	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	1,024	0,21	−15	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	1,013	0,11	−24,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	0,973 9	−0,23	−34,91	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	0,894 1	−0,97	−47,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	0,776 2	−2,20	−59,37	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	0,642 5	−3,84	−70,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	0,516 6	−5,74	−80,61	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	0,409 8	−7,75	−89,43	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	0,323 6	−9,80	−97,78	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	0,254 9	−11,87	−106,4	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,200 2	−13,97	−115,9	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,155 7	−16,15	−127,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,118 2	−18,55	−141,2	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,085 38	−21,37	−158	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,056 65	−24,94	−177	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,033 94	−29,39	−195,8	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,018 68	−34,57	−212,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,009 772	−40,20	−225,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,004 987	−46,04	−235	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,002 518	−51,98	−242,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,001 266	−57,95	−248,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۳ – بزرگی وزن دهی بسامد (w_c) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x، شخص تکیه داده، نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



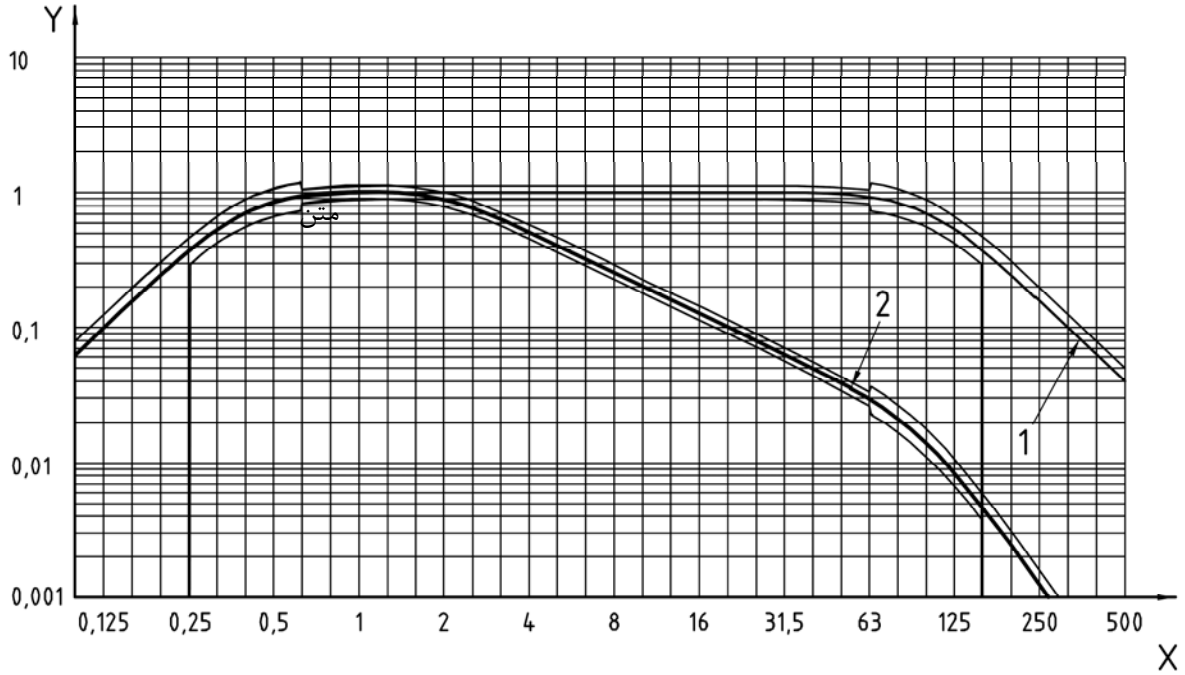
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۴ – فاز وزن دهی بسامد (w_c) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x، شخص تکیه داده، نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۳ – وزن دهی بسامد (w_d) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x یا y، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

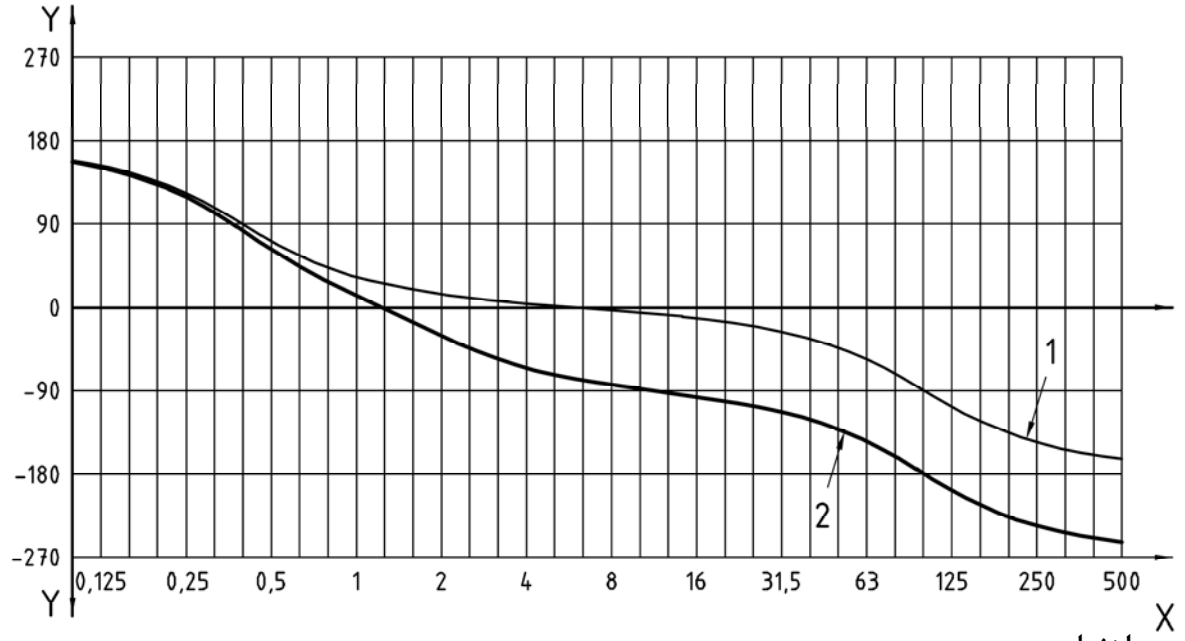
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_d			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi_0$
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,062 42	−24,09	157,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,098 67	−20,12	151,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,155 3	−16,18	143,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,242	−12,32	133,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,368 2	−8,68	119,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,533	−5,47	102,8	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,709 7	−2,98	83,11	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,854	−1,37	62,84	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,944 3	−0,50	44,21	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,991 4	−0,08	27,86	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	1,011	0,10	13,09	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	1,007	0,06	−1,131	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	0,970 7	−0,26	−15,55	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	0,891 3	−1,00	−30,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	0,773 3	−2,23	−43,71	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	0,639 8	−3,88	−55,44	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	0,514 3	−5,78	−64,89	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	0,408 1	−7,78	−72,34	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	0,322 6	−9,83	−78,34	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	0,255	−11,87	−83,39	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	0,201 7	−13,91	−87,9	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	0,159 7	−15,93	−92,2	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	0,126 6	−17,95	−96,59	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	0,100 4	−19,97	−101,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	0,079 58	−21,98	−106,8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	0,062 99	−24,01	−113,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,049 65	−26,08	−121,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,038 72	−28,24	−131,4	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,029 46	−30,62	−144,4	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,021 3	−33,43	−160,6	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,014 14	−36,99	−179	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,008 478	−41,43	−197,4	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,004 668	−46,62	−213,4	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,002 442	−52,24	−226,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,001 246	−58,09	−235,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,000 629 3	−64,02	−243,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,000 316 4	−70,00	−249	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۵ – بزرگی وزن دهی بسامد (w_d) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x یا y، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



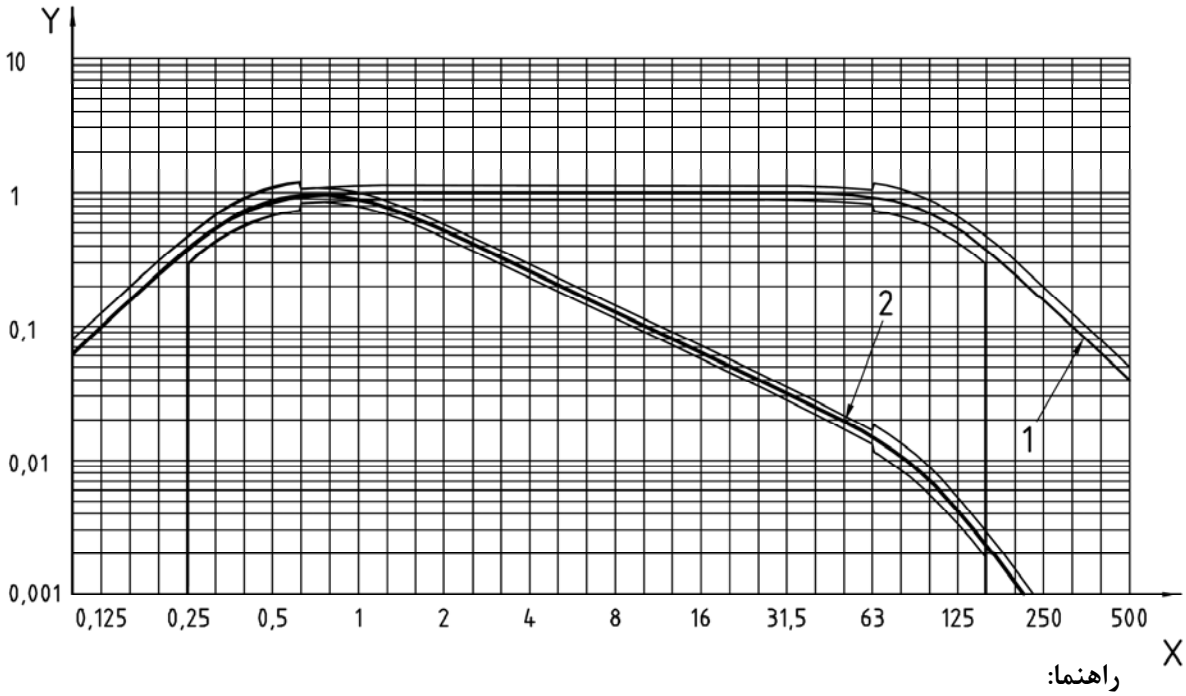
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۶ – فاز وزن دهی بسامد (w_d) برای ارتعاش افقی تمام بدن، محور x یا y، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۴ – وزن دهی بسامد (w_e) برای ارتعاش زاویه ای تمام بدن، تمام جهات، شخص نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

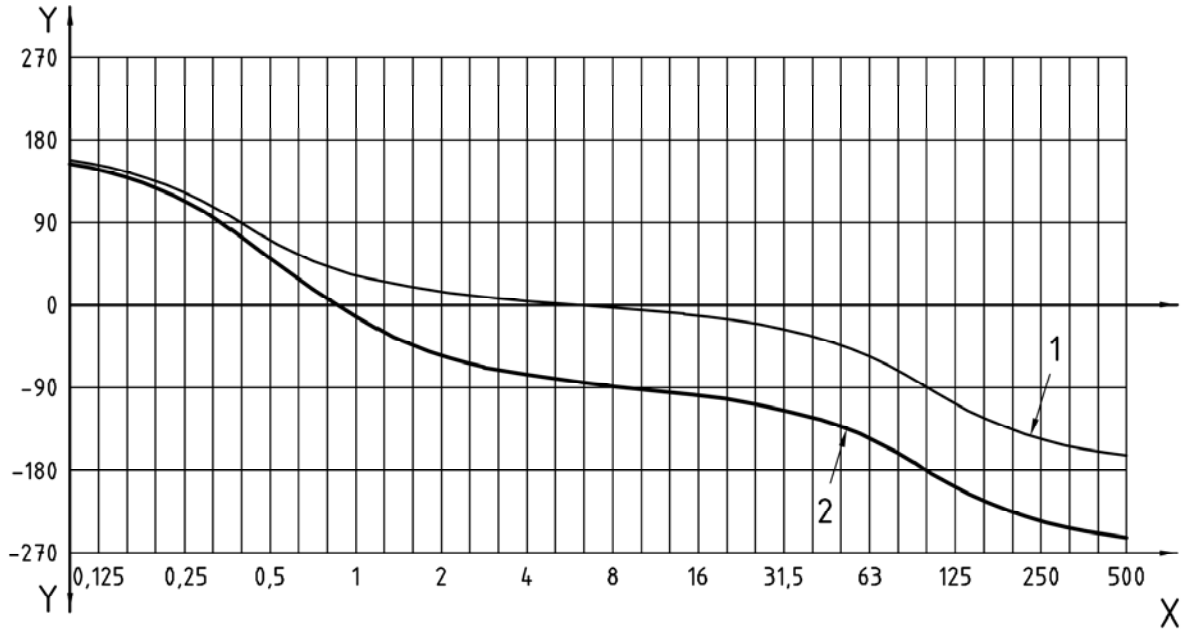
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_e			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi$
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,062 52	−24,08	155,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,098 93	−20,09	149,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,156	−16,14	140,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,243 5	−12,27	129,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,371 5	−8,60	115,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,539 4	−5,36	96,68	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,719 8	−2,86	74,87	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,863 5	−1,27	51,65	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,938 9	−0,55	29,04	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,942 3	−0,52	7,786	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	0,879 8	−1,11	−11,85	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	0,768 3	−2,29	−29,24	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	0,637 2	−3,91	−43,67	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	0,512 7	−5,80	−55,05	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	0,407	−7,81	−63,83	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	0,321 8	−9,85	−70,66	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	0,254 3	−11,89	−76,11	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	0,201 2	−13,93	−80,61	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	0,159 4	−15,95	−84,51	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	0,126 3	−17,97	−88,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	0,100 2	−19,98	−91,49	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	0,079 54	−21,99	−94,99	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	0,063 14	−23,99	−98,77	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	0,050 11	−26,00	−103,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	0,039 75	−28,01	−108,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	0,031 47	−30,04	−114,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,024 81	−32,11	−122,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,019 35	−34,26	−132,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,014 73	−36,64	−145	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,010 65	−39,46	−161	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,007 071	−43,01	−179,3	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,004 239	−47,46	−197,7	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,00 233 4	−52,64	−213,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,00 122 1	−58,27	−226,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,000 623 2	−64,11	−236	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,000 314 7	−70,04	−243,4	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,000 1582	−76,02	−249,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۷ - بزرگی وزن دهی بسامد (w_e) برای ارتعاش زاویه ای تمام بدن، تمام جهات، شخص نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



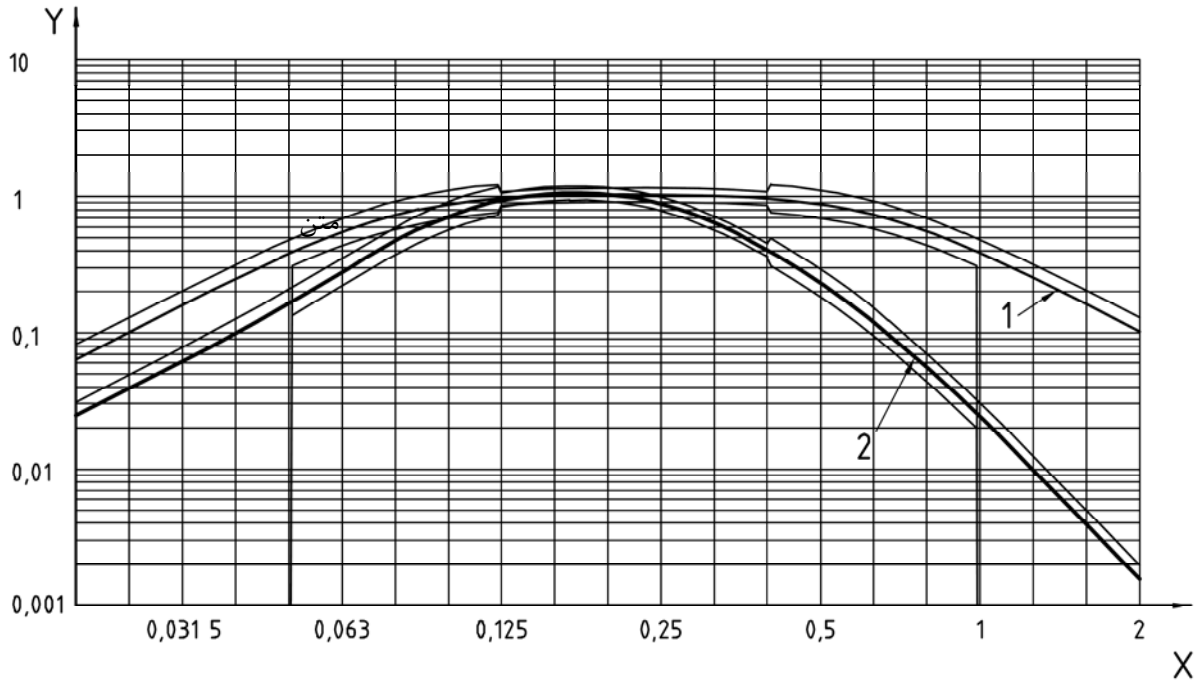
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه)	2	وزن دهی

شکل ب-۸ - فاز وزن دهی بسامد (w_e) برای ارتعاش زاویه ای تمام بدن، تمام جهات، شخص نشسته، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۵ – وزن دهی بسامد (w_f) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا دارای ضعف حرکتی، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

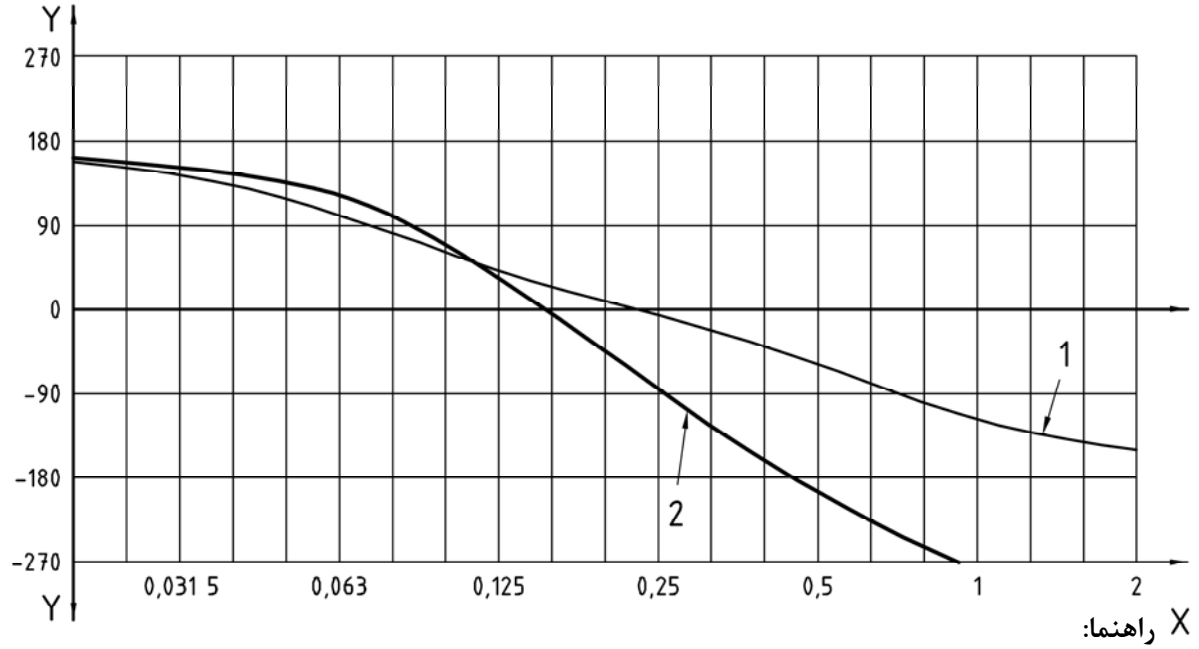
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_f			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها
−17	0,02	0,019 95	0,062 08	−24,14	156,8	0,024 07	−32,37	160,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−16	0,025	0,025 12	0,098 11	−20,17	150,5	0,038 03	−28,40	156,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−15	0,0315	0,031 62	0,154 4	−16,23	142,4	0,060 21	−24,41	150,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−14	0,04	0,039 81	0,240 4	−12,38	131,8	0,096 19	−20,34	143,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−13	0,05	0,050 12	0,365 3	−8,75	118	0,157 5	−16,06	134,8	++26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−12	0,063	0,063 1	0,528 2	−5,54	100,6	0,267 5	−11,45	121,4	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−11	0,08	0,079 43	0,702	−3,07	80,31	0,453 7	−6,86	99,53	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−10	0,1	0,1	0,842	−1,49	59,38	0,695 1	−3,16	68,36	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−9	0,125	0,125 9	0,926 5	−0,66	40,04	0,9	−0,92	32,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−8	0,16	0,158 5	0,967 1	−0,29	22,97	1,004	0,04	−5,596	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−7	0,2	0,199 5	0,982 4	−0,15	7,579	0,992 8	−0,06	−44,61	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−6	0,25	0,251 2	0,982 6	−0,15	−7,217	0,850 1	−1,41	−85,43	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−5	0,315	0,316 2	0,967 7	−0,29	−22,58	0,614 9	−4,22	−125,5	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−4	0,4	0,398 1	0,927 9	−0,65	−39,6	0,388 4	−8,22	−162,1	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−3	0,5	0,501 2	0,844 7	−1,47	−58,89	0,222 5	−13,05	−195,6	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,705 9	−3,02	−79,79	0,115 7	−18,73	−226,8	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−1	0,8	0,794 3	0,532 4	−5,47	−100,1	0,054 34	−25,30	−254,6	+26/−21	+2/−2	+12/−12
0	1	1	0,368 9	−8,66	−117,6	0,023 52	−32,57	−277,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
1	1,25	1,259	0,242 9	−12,29	−131,5	0,009 705	−40,26	−295,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
2	1,6	1,585	0,156 1	−16,13	−142,2	0,003 916	−48,14	−309,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
3	2	1,995	0,099 2	−20,07	−150,4	0,001 566	−56,11	−320,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۹- بزرگی وزن دهی بسامد (w_f) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا دارای ضعف حرکتی، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



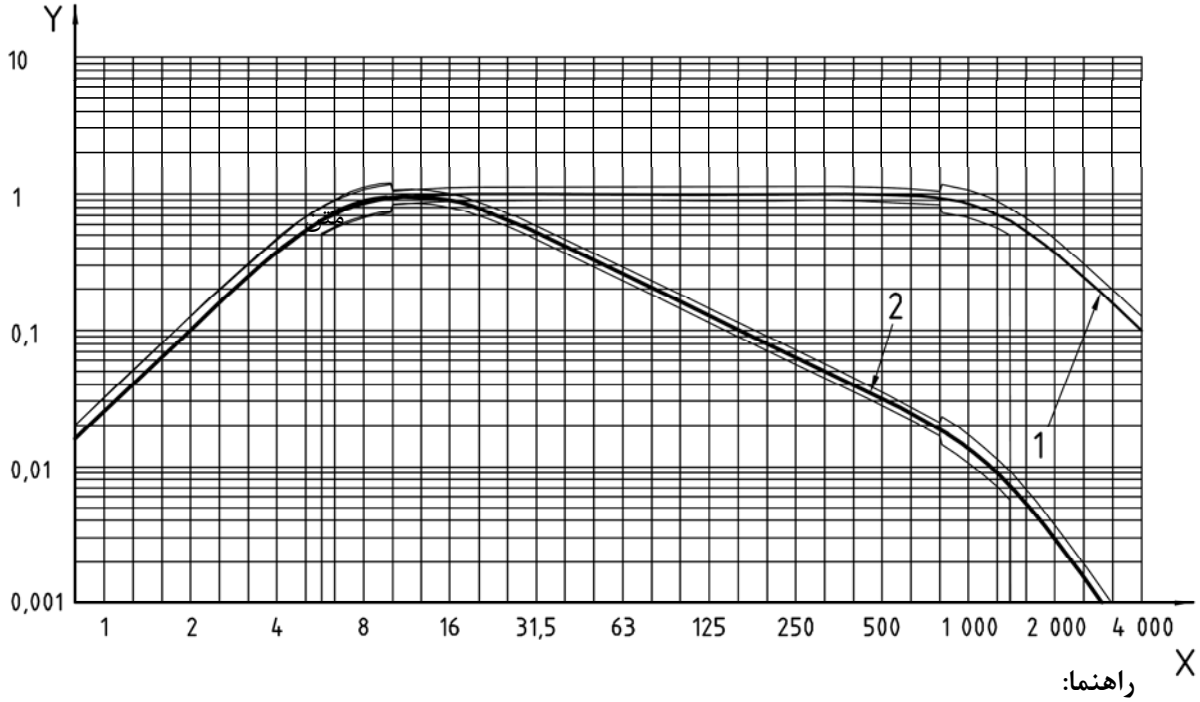
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۱۰ - فاز وزن دهی بسامد (w_f) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا دارای ضعف حرکتی بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۶- وزن دهی بسامد (w_h) برای ارتعاش دست-بازو، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 5349-1

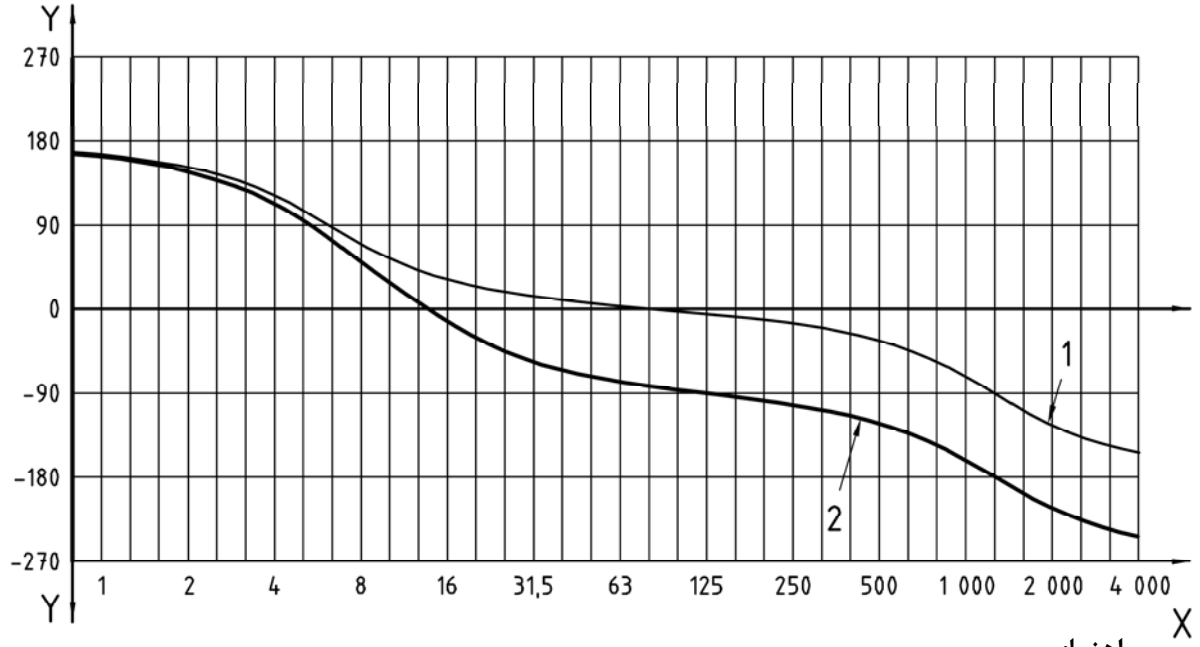
n	بسامد Hz		محدود کننده باند			وزن دهی W_h			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi_0$
−1	0,8	0,794 3	0,015 85	−36,00	169,7	0,015 86	−36,00	168,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
0	1	1	0,025 11	−32,00	167	0,025 14	−31,99	165	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
1	1,25	1,259	0,039 78	−28,01	163,5	0,039 85	−27,99	161	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
2	1,6	1,585	0,062 97	−24,02	159,1	0,063 14	−23,99	155,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
3	2	1,995	0,099 5	−20,04	153,4	0,099 92	−20,01	149,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
4	2,5	2,512	0,156 5	−16,11	146,1	0,157 6	−16,05	140,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
5	3,15	3,162	0,243 6	−12,27	136,4	0,246 1	−12,18	129,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
6	4	3,981	0,369 9	−8,64	123,7	0,375 4	−8,51	115,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
7	5	5,012	0,533 6	−5,46	107,9	0,545	−5,27	96,7	+26/−21	+2/−2	+12/−12
8	6,3	6,31	0,707 1	−3,01	89,59	0,727 2	−2,77	74,91	+26/−21	+2/−2	+12/−12
9	8	7,943	0,845 7	−1,46	71,3	0,873 1	−1,18	51,74	+26/−21	+2/−2	+12/−12
10	10	10	0,929 1	−0,64	55,36	0,951 4	−0,43	29,15	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,969 9	−0,27	42,62	0,957 6	−0,38	7,81	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,987 7	−0,11	32,76	0,895 8	−0,96	−12,05	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,995	−0,04	25,14	0,782	−2,14	−29,71	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	19,15	0,6471	−3,78	−44,37	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,999 2	−0,01	14,34	0,519 2	−5,69	−55,89	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,999 7	0,00	10,38	0,411 1	−7,72	−64,78	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,999 9	0,00	7,027	0,324 4	−9,78	−71,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,999 9	0,00	4,065	0,256	−11,83	−77,27	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	1	0,00	1,33	0,202 4	−13,88	−81,94	+12/−11	+1/−1	+6/−6
20	100	100	1	0,00	−1,33	0,160 2	−15,91	−86,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
21	125	125,9	0,999 9	0,00	−4,065	0,127	−17,93	−89,92	+12/−11	+1/−1	+6/−6
22	160	158,5	0,999 9	0,00	−7,027	0,100 7	−19,94	−93,75	+12/−11	+1/−1	+6/−6
23	200	199,5	0,999 7	0,00	−10,38	0,079 88	−21,95	−97,8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
24	250	251,2	0,999 2	−0,01	−14,34	0,063 38	−23,96	−102,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
25	315	316,2	0,998	−0,02	−19,15	0,050 26	−25,97	−107,5	+12/−11	+1/−1	+6/−6
26	400	398,1	0,995	−0,04	−25,14	0,039 8	−28,00	−113,8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
27	500	501,2	0,987 7	−0,11	−32,76	0,031 37	−30,07	−121,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
28	630	631	0,969 9	−0,27	−42,62	0,024 47	−32,23	−131,8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
29	800	794,3	0,929 1	−0,64	−55,36	0,018 62	−34,60	−144,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
30	1 000	1 000	0,845 7	−1,46	−71,3	0,013 46	−37,42	−160,8	+26/−21	+2/−2	+12/−12
31	1 250	1 259	0,707 1	−3,01	−89,59	0,008 94	−40,97	−179,2	+26/−21	+2/−2	+12/−12
32	1 600	1585	0,533 6	−5,46	−107,9	0,005 359	−45,42	−197,5	+26/−21	+2/−2	+12/−12
33	2 000	1995	0,369 9	−8,64	−123,7	0,002 95	−50,60	−213,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
34	2 500	2512	0,243 6	−12,27	−136,4	0,001 544	−56,23	−226,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
35	3 150	3162	0,156 5	−16,11	−146,1	0,000 787 8	−62,07	−235,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
36	4 000	3981	0,099 5	−20,04	−153,4	0,000 397 8	−68,01	−243,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۱۱- بزرگی وزن دهی بسامد (w_h) برای ارتعاش دست-بازو، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 5349-1



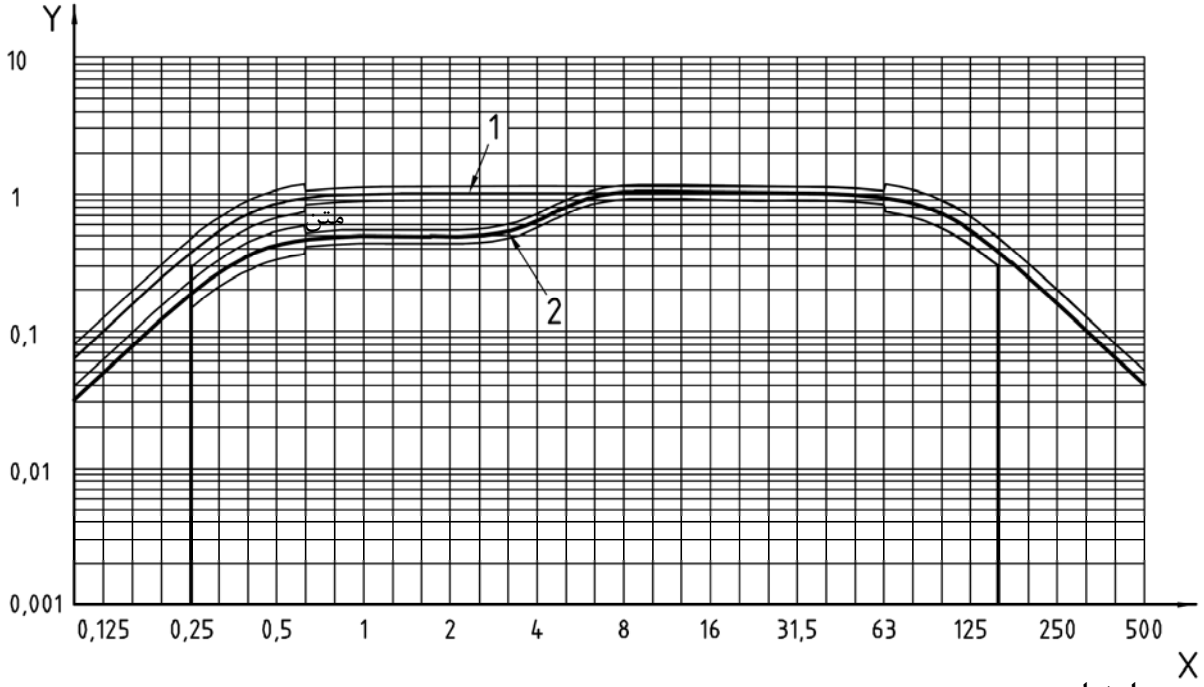
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۱۲- فاز وزن دهی بسامد (w_h) برای ارتعاش دست-بازو، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 5349-1

جدول ب-۷- وزن دهی بسامد(w_j) برای ارتعاش عمودی سر، محور x، شخص خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

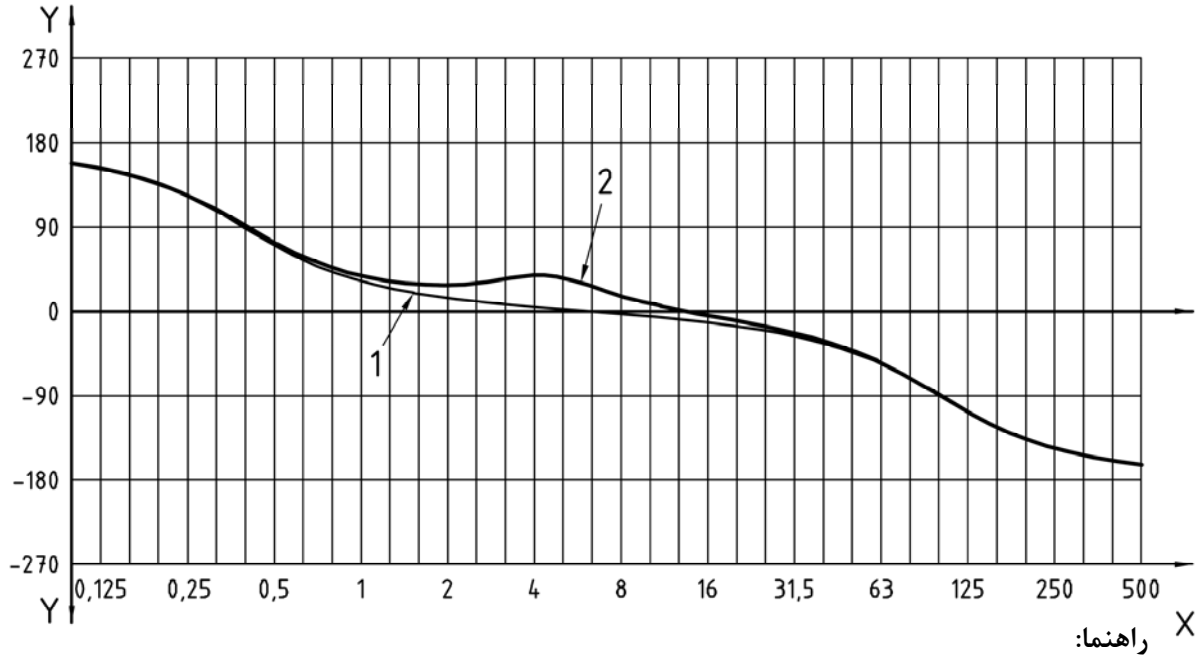
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_j			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	$\Delta\varphi_0$ درجه‌ها
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,030 99	−30,18	159,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,048 97	−26,20	154,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,077 03	−22,27	147	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,119 9	−18,42	137,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,182 1	−14,79	125,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,263	−11,60	109,9	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,348 9	−9,15	92,06	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,417 6	−7,58	74,31	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,458 5	−6,77	59,02	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,477 6	−6,42	47,18	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	0,484 4	−6,30	38,57	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	0,485 1	−6,28	32,71	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	0,483 2	−6,32	29,31	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	0,481 9	−6,34	28,42	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	0,488 9	−6,22	30,41	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	0,524 6	−5,60	35,14	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	0,625 1	−4,08	39,31	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	0,794 8	−1,99	36,78	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	0,947	−0,47	27,42	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	1,016	0,14	17,07	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	1,03	0,26	8,688	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	1,026	0,22	2,043	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	1,019	0,16	−3,729	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	1,012	0,10	−9,33	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	1,006	0,06	−15,31	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	1	0,00	−22,16	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,991 1	−0,08	−30,43	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,972	−0,25	−40,78	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,930 4	−0,63	−53,9	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,846 5	−1,45	−70,15	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,707 5	−3,01	−88,68	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,533 8	−5,45	−107,1	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,37	−8,64	−123,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,243 7	−12,26	−135,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,156 5	−16,11	−145,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,099 51	−20,04	−153,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,062 97	−24,02	−158,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۱۳- بزرگی وزن دهی بسامد(w_j) برای ارتعاش عمودی سر، محور x، شخص خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



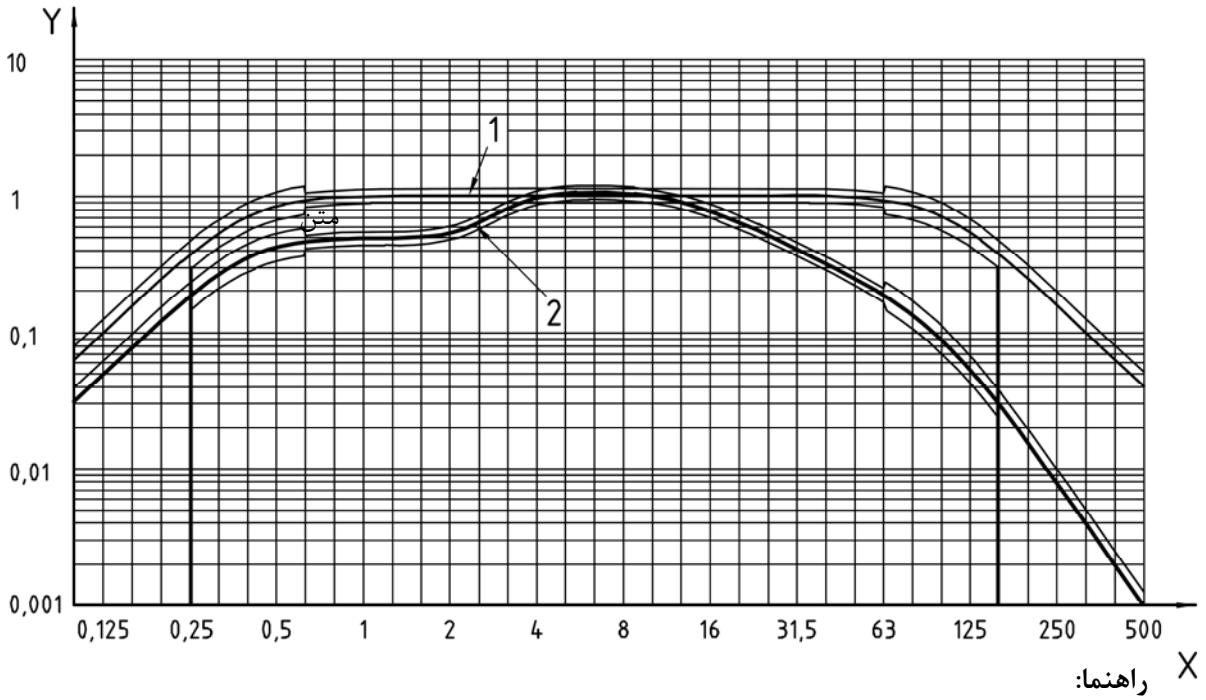
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۱۴- فاز وزن دهی بسامد(w_j) برای ارتعاش عمودی سر، محور x، شخص خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۸- وزن دهی بسامد (w_k) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

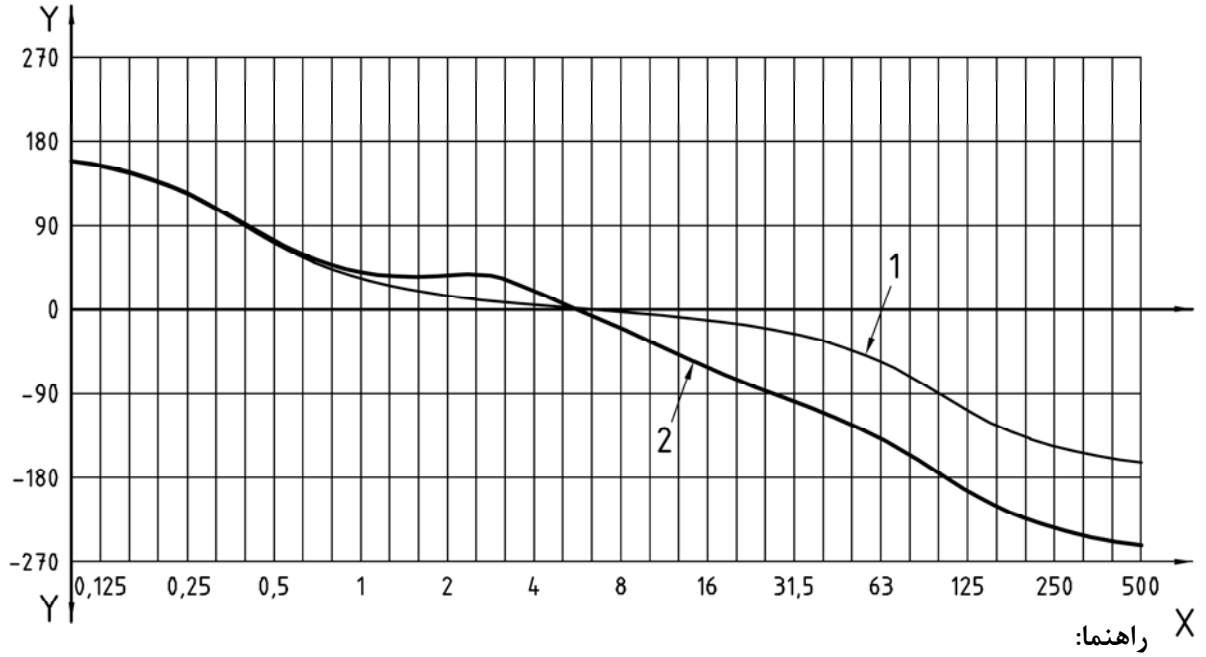
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_k			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	$\Delta\varphi_0$ درجه‌ها
−10	0,1	0,1	0,062 38	−24,10	159,3	0,031 21	−30,11	159,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,098 57	−20,12	153,6	0,049 31	−26,14	154,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,155 1	−16,19	146,3	0,077 56	−22,21	147,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,241 5	−12,34	136,6	0,120 7	−18,37	137,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,366 9	−8,71	124,1	0,183 2	−14,74	125,4	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,53	−5,51	108,3	0,264 4	−11,55	109,9	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−4	0,4	0,398 1	0,703 7	−3,05	90,06	0,350 4	−9,11	92,2	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−3	0,5	0,501 2	0,843 4	−1,48	71,76	0,418 8	−7,56	74,54	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−2	0,63	0,631	0,927 9	−0,65	55,78	0,458 8	−6,77	59,44	+12/−11	+1/−1	+6/−6
−1	0,8	0,794 3	0,969 3	−0,27	43,01	0,476 7	−6,44	47,96	+12/−11	+1/−1	+6/−6
0	1	1	0,987 4	−0,11	33,15	0,482 5	−6,33	40,06	+12/−11	+1/−1	+6/−6
1	1,25	1,259	0,994 9	−0,04	25,54	0,484 6	−6,29	35,55	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,998	−0,02	19,58	0,493 5	−6,13	34,48	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,999 2	−0,01	14,84	0,530 8	−5,50	36,45	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,999 7	0,00	10,97	0,633 5	−3,97	37,98	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,999 9	0,00	7,74	0,807 1	−1,86	32,73	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 9	0,00	4,941	0,964 8	−0,31	20,35	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	1	0,00	2,416	1,039	0,33	6,309	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	1	0,00	0,0244	1,054	0,46	−6,841	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	1	0,00	−2,366	1,037	0,32	−19,73	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−4,887	0,988 4	−0,10	−33,3	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−7,679	0,898 9	−0,93	−47,62	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−10,9	0,774 3	−2,22	−61,84	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−14,75	0,637 3	−3,91	−75,03	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−19,47	0,510 3	−5,84	−87,02	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−25,4	0,403 1	−7,89	−98,35	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,97	0,316	−10,01	−109,9	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,78	0,245 1	−12,21	−122,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−55,49	0,185 7	−14,62	−137,6	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71,41	0,133 9	−17,47	−155,2	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,68	0,088 73	−21,04	−174,8	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,9	0,053 11	−25,50	−194,1	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,8	0,029 22	−30,69	−210,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,4	0,015 28	−36,32	−224	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146,1	0,007 795	−42,16	−234,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,5	0,003 935	−48,10	−241,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,2	0,001 978	−54,08	−247,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۱۵- بزرگی وزن دهی بسامد (w_k) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1



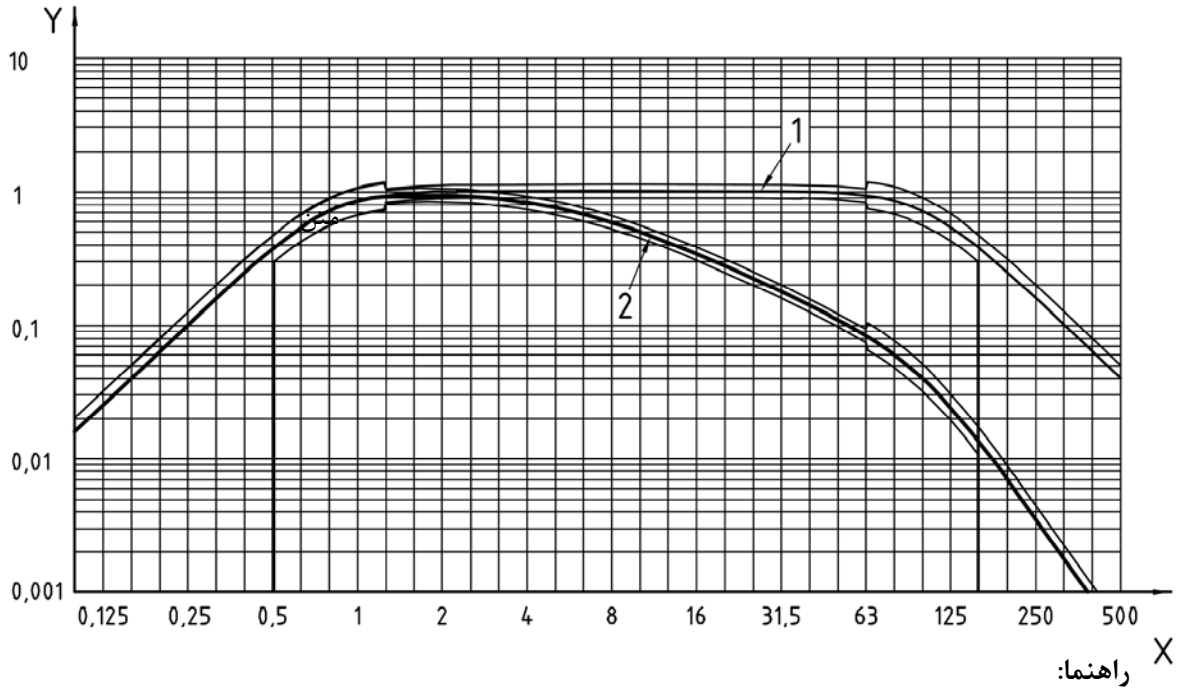
راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاز (درجه‌ها)	2	وزن دهی

شکل ب-۱۶- فاز وزن دهی بسامد (w_k) برای ارتعاش عمودی تمام بدن، محور z، شخص نشسته، ایستاده یا خوابیده، بر اساس استاندارد ISO 2631-1

جدول ب-۹- وزن دهی بسامد (w_m) برای ارتعاش تمام بدن در ساختمان ها، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 2631-2

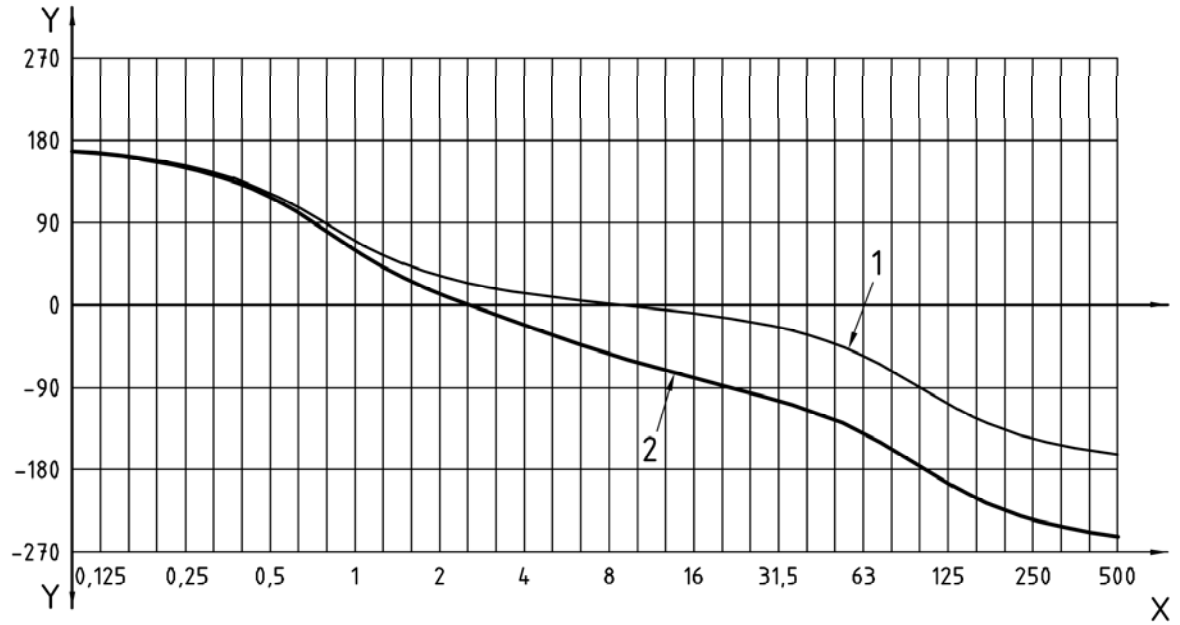
n	بسامد Hz		محدود کننده‌ی باند			وزن دهی W_m			رواداری		
	اسمی	صحیح	عامل	dB	درجه‌های فاز	عامل	dB	درجه‌های فاز	%	dB	درجه‌ها $\Delta\varphi_0$
−10	0,1	0,1	0,015 85	−36,00	169,7	0,015 84	−36,00	168,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−9	0,125	0,125 9	0,025 11	−32,00	166,9	0,025 1	−32,00	165,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−8	0,16	0,158 5	0,039 78	−28,01	163,5	0,039 76	−28,01	161,9	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−7	0,2	0,199 5	0,062 97	−24,02	159,1	0,062 93	−24,02	157,1	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−6	0,25	0,251 2	0,099 5	−20,04	153,4	0,099 41	−20,05	150,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−5	0,315	0,316 2	0,156 5	−16,11	146	0,156 3	−16,12	142,8	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−4	0,4	0,398 1	0,243 6	−12,27	136,3	0,243	−12,29	132,2	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−3	0,5	0,501 2	0,369 9	−8,64	123,6	0,368 4	−8,67	118,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
−2	0,63	0,631	0,533 6	−5,46	107,7	0,530 4	−5,51	101,3	+26/−21	+2/−2	+12/−12
−1	0,8	0,794 3	0,707 1	−3,01	89,36	0,700 3	−3,09	81,4	+26/−21	+2/−2	+12/−12
0	1	1	0,845 7	−1,46	71	0,832 9	−1,59	61,03	+26/−21	+2/−2	+12/−12
1	1,25	1,259	0,929 1	−0,64	54,98	0,907 1	−0,85	42,49	+12/−11	+1/−1	+6/−6
2	1,6	1,585	0,969 9	−0,27	42,14	0,934 2	−0,59	26,56	+12/−11	+1/−1	+6/−6
3	2	1,995	0,987 7	−0,11	32,17	0,931 9	−0,61	12,83	+12/−11	+1/−1	+6/−6
4	2,5	2,512	0,995	−0,04	24,39	0,910 1	−0,82	0,545 9	+12/−11	+1/−1	+6/−6
5	3,15	3,162	0,998	−0,02	18,2	0,872 1	−1,19	−10,89	+12/−11	+1/−1	+6/−6
6	4	3,981	0,999 2	−0,01	13,15	0,818 4	−1,74	−21,86	+12/−11	+1/−1	+6/−6
7	5	5,012	0,999 7	0,00	8,884	0,749 8	−2,50	−32,52	+12/−11	+1/−1	+6/−6
8	6,3	6,31	0,999 9	0,00	5,135	0,669 2	−3,49	−42,85	+12/−11	+1/−1	+6/−6
9	8	7,943	0,999 9	0,00	1,68	0,581 9	−4,70	−52,73	+12/−11	+1/−1	+6/−6
10	10	10	0,999 9	0,00	−1,68	0,494 1	−6,12	−62,07	+12/−11	+1/−1	+6/−6
11	12,5	12,59	0,999 9	0,00	−5,135	0,411 4	−7,71	−70,84	+12/−11	+1/−1	+6/−6
12	16	15,85	0,999 7	0,00	−8,884	0,337 5	−9,44	−79,15	+12/−11	+1/−1	+6/−6
13	20	19,95	0,999 2	−0,01	−13,15	0,273 8	−11,25	−87,25	+12/−11	+1/−1	+6/−6
14	25	25,12	0,998	−0,02	−18,2	0,220 3	−13,14	−95,45	+12/−11	+1/−1	+6/−6
15	31,5	31,62	0,995	−0,04	−24,39	0,176	−15,09	−104,2	+12/−11	+1/−1	+6/−6
16	40	39,81	0,987 7	−0,11	−32,17	0,139 6	−17,10	−114	+12/−11	+1/−1	+6/−6
17	50	50,12	0,969 9	−0,27	−42,14	0,109 3	−19,23	−125,7	+12/−11	+1/−1	+6/−6
18	63	63,1	0,929 1	−0,64	−54,98	0,083 36	−21,58	−139,8	+12/−11	+1/−1	+6/−6
19	80	79,43	0,845 7	−1,46	−71	0,060 36	−24,38	−156,9	+26/−21	+2/−2	+12/−12
20	100	100	0,707 1	−3,01	−89,36	0,040 13	−27,93	−176,1	+26/−21	+2/−2	+12/−12
21	125	125,9	0,533 6	−5,46	−107,7	0,024 07	−32,37	−195,1	+26/−21	+2/−2	+12/−12
22	160	158,5	0,369 9	−8,64	−123,6	0,013 26	−37,55	−211,5	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
23	200	199,5	0,243 6	−12,27	−136,3	0,006 937	−43,18	−224,6	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
24	250	251,2	0,156 5	−16,11	−146	0,003 541	−49,02	−234,7	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
25	315	316,2	0,099 5	−20,04	−153,4	0,001 788	−54,95	−242,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞
26	400	398,1	0,062 97	−24,02	−159,1	0,000 899	−60,92	−248,3	+26/−100	+2/−∞	+∞/−∞



راهنما:

X	بسامد، هرتز	1	محدود کننده ی باند
Y	فاکتور وزن دهی	2	وزن دهی

شکل ب-۱۷- بزرگی وزن دهی بسامد (w_m) برای ارتعاش تمام بدن در ساختمان ها، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 2631-2



شکل ب-۱۸- فاز وزن دهی بسامد (w_m) برای ارتعاش تمام بدن در ساختمان ها، تمام جهات، بر اساس استاندارد ISO 2631-2

پیوست پ
(اطلاعاتی)
تشخیص فیلترهای وزن دهی بسامد

پ-۱ دامنه ی بسامد

پ-۱-۱ کلیات

هر شکل از تحلیل بسامد، آنالوگ یا دیجیتال، تحلیل یک سوم اکتاو زمان واقعی یا FFT، را می توان برای تولید مقدار تسریع .r.m.s وزن دهی شده با بسامد، با جمع کردن مربعات اجزای طیفی وزن دهی شده ی .r.m.s (a_i) استفاده نمود:

$$a_W = \left[\sum_i (w_i a_i)^2 \right]^{1/2} \qquad (\text{پ-۱})$$

که در آن w_i فاکتور وزن دهی در باند بسامد i ام است.

یادآوری – از تحلیل فکانس نمی توان برای VDV استفاده نمود. از تحلیل بسامد نمی توان برای اندازه‌گیری های متحرک .r.m.s الزامی با این استاندارد، به دلیل زمان میانگین گیری کوتاه (یا ثابت زمانی) (۱ ثانیه) در رابطه با وارون پهنای باند فیلتر، استفاده نمود.

پ-۱-۲ تحلیل باند یک سوم اکتاو

برای باندهای یک سوم اکتاو، از بسامد های مرکزی بیان شده در جداول ب-۱ تا ب-۹ استفاده کنید.از باندهای یک سوم اکتاو بین حداقل یک اکتاو بالا و یک اکتاو پایین حدود بسامد (f_1 و f_2 در جدول ۳) استفاده کنید.

مقادیر تسریع ارتعاش را در فاکتور وزن دهی بسامد مناسب ضرب کنید که از بند ۵-۶ (داده شده در جداول ب-۱ تا ب-۹) قبل از محاسبه ی مجذور و جمع کردن طبق فرمول (پ-۱) محاسبه شده است.

پ-۱-۳ تبدیل فوریه (FFT)

مقدار تسریع .r.m.s وزن دهی شده را می توان از اجزای طیفی .FFT r.m.s با استفاده از فرمول (پ-۱) یا اجزای چگالی طیفی توان (p_i) با استفاده از فرمول (پ-۱) به دست آورد. با این حال، فاکتورهای وزن دهی (w) بایستی به جای استفاده از جداول ب-۱ تا ب-۹، با استفاده از فرمول های (۸) تا (۱۲) به دست آیند.

$$a_W = \left[\sum_i w_i^2 P_i \Delta f) \right]^{1/2} \qquad (\text{پ-۲})$$

در فرایند جمع کردن طیف های توان، هم پوشانی طیفی بوجود آمده به خاطر ایجاد پنجره زمانی را بایستی به حساب آورد. برای طیف باند پهن، تسریع وزن دهی شده با بسامد (a_W) محاسبه شده از فرمول (پ-۲) را

با فاکتوری تقسیم کنید که نظیر پهنای باند فیلتر ایده آل معادل است که از منبع نوفه سفیدی، از همان توان عبور می کند. به جدول پ-۱ مراجعه کنید.

جدول پ-۱ – توابع پنجره زمانی و پهنای باند موثر آن ها

تابع پنجره زمانی [a]	فاکتور پهنای باند نوفه	کاربرد
هانینگ	۱/۵	هدف کلی، فرایندهای تصادفی غیر مانا
سر پهن	۳/۷۷	سیگنال دوره ای یا سینوسی (برای مثال کالیبراسیون)
[a] سایر توابع پنجره آماده اند و ممکن است برای کاربردهای خاص، بیشتر مناسب باشند.		

فاکتور پهنای باند نوفه پنجره زمانی معمولا درون تابع طیفی توان تحلیل گران FFT[1] به حساب می آید. تفکیک پذیری بسامد FFT بایستی کمتر از ٪ ۴۰، ترجیحا ٪ ۲۰ از کمترین بسامد در گستره ی بسامد نامی باشد. بسامد نمونه برداری بایستی حداقل پنج برابر بالاترین بسامد در گستره ی بسامد نامی باشد.

پ-۲ دامنه ی زمان

پ-۲-۱ مقدمه

سنجش سیگنال تسریع ارتعاش در ارتباط با ارتعاش انسانی، وزن دهی بسامد با استفاده از یکی از فیلترهای مشخص شده در بند ۵-۶ را در بر می گیرد. برای میانگین های زمانی خطی، می توان وزن دهی بسامد را قبل از میانگین گیری .r.m.s تاریخ زمانی، یا پس از محاسبه ی طیف با میانگین .r.m.s به کار برد؛ هر دو روش نتیجه ی یکسانی خواهد داشت. با این حال، برای پارامترهایی از قبیل [MTVV به فرمول های (۳) و (۴) مراجعه کنید] بیشینه مقدار سیگنال .r.m.s متحرک الزامی است (به پیوست ت مراجعه کنید). در این مورد، وزن دهی بسامد بایستی به تاریخ زمانی قبل از انتگرال گیری اعمال شود، یعنی از هنگامی که، طبق تعریف، بیشینه تسریع وزن دهی شده، تعیین شده است.

کاربرد پالایش دیجیتالی در دامنه ی زمان، نیاز به فیلترهای آنالوگی را از بین می برد که در غیر اینصورت، خصوصا در سیستم های چند کاناله، هزینه بر و جثه دار هستند.

پ-۲-۲ تبدیل فیلترها از دامنه ی بسامد به دامنه ی زمان

درحالی که تبدیل های لاپلاس برای طراحی فیلترهای آنالوگ در دامنه ی بسامد مناسب اند، تبدیل های z عموما برای فیلترهای دیجیتالی استفاده می شوند که در نرم افزار تشخیص داده خواهند شد. تابع انتقال فیلتر دیجیتالی می تواند با تبدیل z ($H(z)$) آن نشان داده شود. در دامنه ی z، تبدیل $Y(z)$ خروجی از فیلتر دیجیتالی به تبدیل $X(z)$ سیگنال ورودی، از طریق حاصل مرتبط می شود:

1- Fast Fourier Transformation

$$Y(z) = H(z) \cdot X(z)$$ (پ-۳)

H(z) می تواند بصورت زیر بیان شود:

$$H(z) = \frac{\sum_{i=0}^{M} b_i z^{-i}}{1 + \sum_{i=1}^{N} a_i z^{i}}$$ (پ-۴)

که در آن

a_i و b_iضریب هستند؛

Mو N به ترتیب تعداد صفرها و قطب ها هستند.

عبارت معادل در دامنه ی زمان عبارتست از:

$$y(t_i) = \sum_{k=0}^{M} b_k x(t_{i-k}) - \sum_{j=1}^{N} a_j y(t_{i-j})$$ (پ-۵)

که در آن $x(t_i)$ و $y(t_i)$ به ترتیب سیگنال های ورودی و خروجی نمونه برداری شده در زمان t_i هستند.

پ-۲-۳ محاسبه ی ضریب های فیلتر

ضریب های فیلتر a_i و b_i را می توان با روش تبدیل دوسویه یا روش تکانه تغییرناپذیر به دست آورد (به مرجع [۸] مراجعه کنید). روش تبدیل دوسویه مناسب ترین روش برای فیلترهای باترورث مانند فیلترهای بالا گذر و پایین گذر توصیف شده در بند ۵-۶ است. تبدیل های z این فیلترهای ۲ قطبی را می توان از فرمت لاپلاس توابع انتقال بند ۵-۶ با جانشینی متغیر لاپلاس (s) به دست آورد:

$$s = \frac{z-1}{T_s(z+1)}$$ (پ-۶)

که در آن T_s بازه ی زمانی نمونه برداری است. رهیافتی یکسان، یا روش تکانه تغییر ناپذیر را می توان برای فیلترهای گذار a-v و گام رو به بالا استفاده نمود.

پ-۲-۴ کاربرد فیلترها

فیلترهای مجزا بایستی به ترتیب متوالی و با استفاده از تکنیک پالایش IIR (پاسخ تکانه نامتناهی) به دنبال فرمول (پ-۵)، به داده های زمانی نمونه برداری شده اعمال شوند.

به عنوان مثال، کد MATLAB® در شکل پ-۱ برای فیلتر w_k، با بکار بردن تابع توکار «filter.m» و از جعبه ابزار تحلیل سیگنال، «butter.m» و «bilinear.m» داده شده است.[۱]

۱- MATLAB مثالی از یک محصول مناسب است که از لحاظ تجاری آماده می باشد. این اطلاعات برای راحتی کاربران این استاندارد داده شده است و منظور حمایت ISO از این محصول نمی‌باشد.

یادآوری – کد MATLAB® در شکل پ-۱ مستلزم نرخ نمونه ای حداقل ۹ برابر حد بالایی بسامد f_2 (در جدول ۳) برای تولید فیلترهایی درون رواداری های الزامی این استاندارد است. کد MATLAB را می توان تعدیل کرد تا نرخ های نمونه ی پایین تر، برای مثال با استفاده از تبدیل کوتان را میسر سازد:

$$s = \frac{2\pi f_c}{\tan\left(\pi f_c T_s\right)} \cdot \frac{z-1}{z+1}$$

که در آن f_c بسامد قطع می باشد.

```
        تابع y = isofilwk(x,fs)

% ISOFILWK
%     فیلتر ISO 8041 Wk, جهت عمودی، تمام بدن
%            y = isofilwk(x,fs)
%            y  سیگنال خروجی ,  تسریع
%            x  سیگنال ورودی ,  تسریع
%            fs  بسامد نمونه برداری          Hz
%            الگوریتم تبدیل دوسویه استفاده می شود

f1 = 0.4;
f2 = 100;
f3 = 12.5;
f4 = 12.5;
Q4 = 0.63;
f5 = 2.37;
Q5 = 0.91;
f6 = 3.35;
Q6 = 0.91;

% توجه داشته باشید که در تابع «butter» متغیرهای Q1 و Q2 بطور موثر برابر با 1/sqrt(2) قرار داده شده‌اند، بنابراین
%
% نیاز نیست که در اینجا صریحا قرار داده شوند.


w3 = 2*pi*f3;
w4 = 2*pi*f4;
w5 = 2*pi*f5;
w6 = 2*pi*f6;

nyq = fs/2;                                  % بسامد نایکوئیست

% پارامترهای بالا گذر و پایین گذر محدود کننده ی باند را تعیین کنید

[b1,a1] = Butter (2,f1/nyq,'high');          % بالا گذر
[b2,a2] = Butter (2,f2/nyq);                 % پایین گذر

% پارامترهای انتقال a-v را تعیین کنید

B3 = [1/w3 1];
A3 = [1/w4/w4 1/Q4/w4 1];
[b3,a3] =          (B3,A3,fs);

% پارامترهای گام رو به بالا را تعیین کنید

B4 = [1/w5/w5 1/Q5/w5 1]*w5*w5/w6/w6;
A4 = [1/w6/w6 1/Q6/w6 1];
[b4,a4] =          (B4,A4,fs);

% پارامترهای گام رو به بالا را تعیین کنید

y = فیلتر    (b2,a2,x);    % پایین گذر محدود کننده ی باند را اعمال کنید
y = فیلتر    (b1,a1,y);    % بالا گذر محدود کننده  باند را اعمال کنید
y = فیلتر    (b3,a3,y);    % انتقال a-v را اعمال کنید
y = فیلتر    (b4,a4,y);    % گام رو به بالا را اعمال کنید
```

شکل پ-۱ – کد نمونه برای اعمال وزن دهی بسامد w_k به سیگنال زمانی

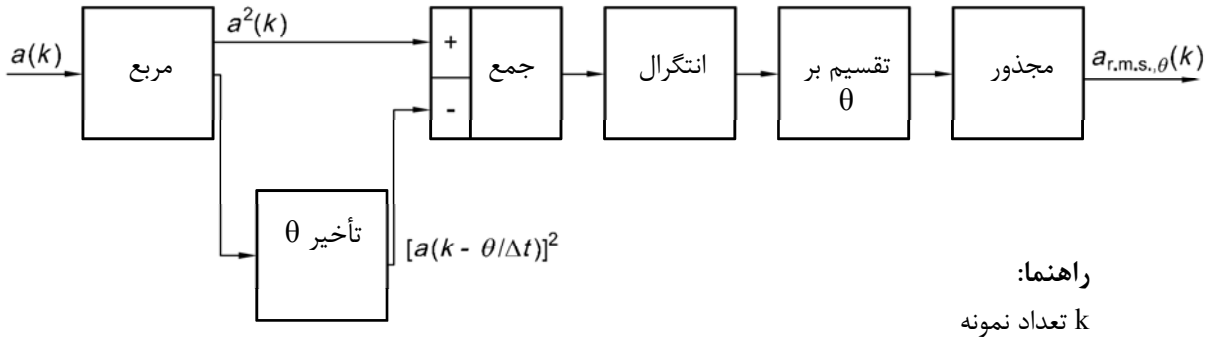
پیوست ت

(اطلاعاتی)

میانگین گیری زمانی r.m.s. متحرک

ت-۱ میانگین گیری زمانی خطی r.m.s. متحرک

سنجش تسریع خطی r.m.s. متحرک، فرمول (۳)، با پردازش دیجیتالی سیگنال در عمل قابل دستیابی می شود که ذخیره ی ارزان حجم زیادی از داده ها (نمونه های سیگنال) را میسر می کند؛ به شکل ت-۱ مراجعه کنید.



راهنما:

k تعداد نمونه

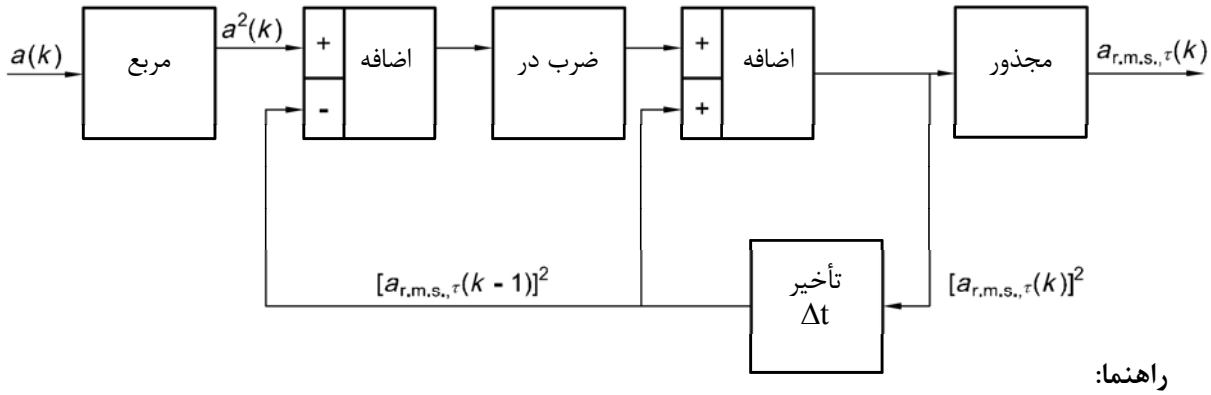
... دوره ی نمونه

... زمان انتگرال گیری

شکل ت-۱ – روش دستیابی به میانگین گیری خطی r.m.s.

ت-۲ میانگین گیری زمانی نمائی r.m.s. متحرک

سنجش r.m.s. متحرک نمائی، فرمول (۴)، برای مدتی طولانی در حوزه ی اندازه‌گیری صدا و اندازه‌گیری ارتعاش انسانی استفاده شده است. در ابتدا، این سنجش برای سنجه های سطح صدا به عنوان وزن دهی های زمانی «کند» (ثابت زمانی ۱ ثانیه) و «تند» (ثابت زمانی ۰/۱۲۵ ثانیه) ، و سپس برای سنجه های ارتعاش انسانی نیز استاندارد گردید (استاندارد ISO 8041:1990). وزن دهی زمانی نمائی با نام های «میانگین گیری نمائی»، «r.m.s. وزن دهی شده با زمان بصورت نمائی» یا «r.m.s. متحرک با پنجره زمانی نمائی» شناخته می شود. شکل ت-۲ نشان می دهد که چگونه می توان به میانگین گیری تسریع r.m.s. متحرک نمائی دست یافت.



راهنما:

$m = 1\exp(\Delta t / \tau)$

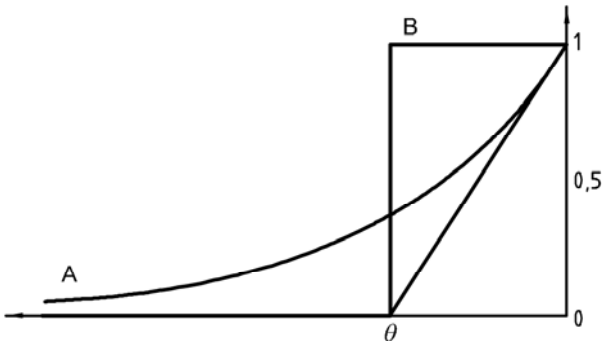
τ ثابت زمان

شکل ت-۲ – روش دستیابی به میانگین گیری نمائی .r.m.s

ت-۳ مقایسه میانگین گیری .r.m.s متحرک خطی و نمائی

نتایج میانگین .r.m.s داده شده در فرمول های (۳) و (۴) می توانند بطور قابل ملاحظه ای اختلاف داشته باشند. دو معیار هم ارزی اصلی وجود دارد که می توان برای مقایسه اثرات این روش ها، بسته به کاربرد و نوع سیگنال، به ترتیب زیر مورد استفاده قرار داد:

الف) **معیار هم ارزی ۱** (شکل ت-۳): برای تناظر مطلوب با بیشینه مقادیر .r.m.s متحرک (یعنی MTVV) سیگنال های تکانی (شوک ها)، زمان انتگرال گیری میانگین گیری خطی بایستی تقریبا هم ارز با ثابت زمانی میانگین گیری نمائی باشد. با این حال، ممکن است تفاوت های قابل ملاحظه ای بسته به طول و شکل موج شوک روی دهند.



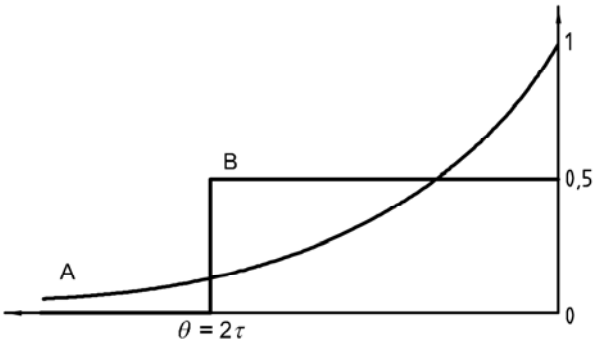
راهنما:

A نمائی

B خطی

شکل ت-۳ – پنجره های زمانی هم ارز برای بیشینه .r.m.s متحرک تقریبا برابر سیگنال های تکانی

ب) **معیار هم ارزی ۲** (شکل ت-۴): برای تناظر مطلوب با واریانس یا سطح اطمینان (یا سایر پارامترهای آماری) .r.m.s متحرک سیگنال های تصادفی، زمان انتگرال گیری میانگین گیری خطی بایستی دوبرابر ثابت زمانی میانگین گیری نمائی باشد. همین مطلب برای ripple در مورد سلسله تپش ها یا سیگنال های دوره ای صدق می کند. با این حال ، با میانگین گیری اخیر و خطی، ممکن است اثرات تداخلی شدیدی بسته به زمان میانگین گیری مرتبط با مدت زمان چرخه روی دهند.



راهنما:

A نمائی

B خطی

شکل ت-۴ – پنجره های زمانی هم ارز برای میانگین .r.m.s تقریبا برابر یا سایر پارامترهای آماری

پیوست ث
(اطلاعاتی)
ویژگی های ترانسدیوسر ارتعاش

ث-۱ کلیات

گزینه ی ترانسدیوسر ارتعاش برای اندازه‌گیری پاسخ انسانی به ارتعاش به فاکتورهای بسیاری وابسته خواهد بود. برای مثال:

- کاربرد عمومی، یعنی ارتعاش دست-بازو، تمام بدن یا تمام بدن با بسامد پایین؛
- کاربرد خاص، برای مثال اندازه‌گیری ها برای اهداف سلامتی، راحتی یا ادراک؛
- شرایط محیطی، برای مثال محیط های داغ، مرطوب یا گردوخاکی؛
- قیود گیرداری، برای مثال گیرداری به ساختارهای سبک وزن، فضای آماده ی محدود.

هر جا در این پیوست نشان داده شده باشد، ویژگی های معمولی برای ترانسدیوسرهای ارتعاش استفاده شده برای ارزیابی های اثرات معمولی سلامتی، داده شده اند. ممکن است سایر کاربردها مستلزم ویژگی های آسان تری باشند؛ برخی ممکن است مستلزم ویژگی های سختی باشند.

یادآوری – توصیف ارائه شده در این استاندارد بر پایه ی تسریع ارتعاش به عنوان کمیت آشکار شده با ترانسدیوسر ارتعاش است. ترانسدیوسرهایی که سایر کمیت های ارتعاش، از قبیل سرعت ارتعاش را اندازه می گیرند، ممکن است به شرطی استفاده شوند که الزامات کلی برآورده شده باشند. ممکن است الزامات آزمون ها با سیگنال های الکتریکی، به همان قرار تعدیل شوند.

ث-۲ ویژگی های

حداقل ویژگی های مورد توصیه برای ترانسدیوسرهای ارتعاش در جدول ث-۱ داده شده اند (این ویژگی ها ممکن است در تمام موارد قابل کاربرد نباشند).

جدول ث-۱ – مشخصات ترانسدیوسر ارتعاش

ویژگی	مورد اندازه‌گیری- تاثیر بر عدم قطعیت اندازه‌گیری	ارتعاش دست- بازو	ارتعاش تمام بدن		ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین
			وسایل نقلیه	ساختمان ها	
بیشینه توده کل (تمام ترانسدیوسرهای ارتعاش و سیستم نصب)	کمتر از ٪ ۱۰ از توده ی موثر ساختار مرتعش	۳۰ g	۵۴۰ g روی صندلی‌ها ۵۰ g بقیه جاها	۱ g	۱ g
بیشینه توده ترانسدیوسر ارتعاش		۵ g	۵۰ g	۲۰۰ g	۲۰۰ g
بیشینه اندازه کل (تمام ترانسدیوسرهای ارتعاش و سیستم نصب)	فاقد جسارت، حداقل تداخل با فعالیت های معمولی	۲۵ mm	روی صندلی: ۳۰۰ mm دیامتر× ۱۲ mm ارتفاع	۲۰۰ mm × ۲۰۰ mm× ۵۰ mm ارتفاع	۲۰۰ mm × ۲۰۰ mm× ۱۰۰ mm ارتفاع
بیشینه ارتفاع نصب	در صورتی که ترانسدیوسر ارتعاش بالای سطح مرتعشی نصب شده باشد (برای مثال روی بلوک نصب) اما تراز شده است، ارتعاش موازی با آن سطح را اندازه بگیرید. دراینصورت فاصله بین محور اندازه‌گیری ترانسدیوسر ارتعاش و سطح نصب بایستی تا حد امکان کوچک باشد. این امر تقویت اجزای تسریع زاویه ای را به حداقل خواهد رساند.	۱۰ mm	۱۰ mm	۲۵ mm	۵۰ mm
گستره ی دما		۱۰°C- تا ۵۰°C	۱۰°C- تا ۵۰°C	۱۰°C- تا ۵۰°C	۱۰°C- تا ۵۰°C
میدان های		<۳۰m/s²/T	<۵m/s²/T	<۲m/s²/T	<۲m/s²/T

جدول ث-۱ – مشخصات ترانسدیوسر ارتعاش- ادامه

ویژگی	مورد اندازه‌گیری- تاثیر بر عدم قطعیت اندازه‌گیری	ارتعاش دست- بازو	ارتعاش تمام بدن		ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین
			وسایل نقلیه	ساختمان ها	
الکترومغناطیسی (30 mT در 50 Hz یا 60 Hz)					
حساسیت آکوستیک		<۰/۰۵m/s²/kPa	<۰/۰۱m/s²/kPa	<۰/۰۱m/s²/kPa	<۰/۰۱m/s²/kPa
حساسیت عرضی (ترانسورس)	حساسیت ترانسدیوسرهای تک محوره به ارتعاش در طول محورها در زاویه ۹۰ درجه با محور اصلی. به یادآوری های ۱ و ۲ مراجعه کنید.	<۵٪	<۵٪	<۵٪	<۵٪
بیشینه تسریع شوک وزن دهی نشده	ترانسدیوسر ارتعاش باید قادر به تحمل تسریع های شوک وزن دهی نشده ی بالایی باشد که ممکن است در معرض آن ها قرار بگیرد، در حالی که اطلاعات درستی در گستره ی اندازه‌گیری مرجع ارائه می کند.	۳۰,۰۰۰ m/s² (شاید بیشتر از ۵۰,۰۰۰ m/s² برای چکش‌های بادی)	۱,۰۰۰ m/s²	۵۰۰ m/s²	۵۰۰ m/s²
پاسخ فاز	مهم برای اندازه‌گیری های پارامترهای غیر VDV : r.m.s.، MTVV و قله.	درون الزامات انحراف فاز ویژگی برای دستگاه ارتعاش (هیچ تغییر سریع در فاز با بسامد درون گستره ی بسامد نامی			
حداقل بسامد تشدید	بایستی بیشتر از تقریبا ده برابر حد بالایی بسامد نامی باشد.	۱۰ kHz	۸۰۰ Hz	۸۰۰ Hz	۵ Hz
حداقل مشخصات محفظه	مشخصات پیشنهادی محفظه برای جلوگیری از دخول	IP ۵۵	IP ۵۵	هیچکدام	IP ۵۵

جدول ث-۱ – مشخصات ترانسدیوسر ارتعاش- ادامه

ویژگی	مورد اندازه‌گیری- تاثیر بر عدم قطعیت اندازه‌گیری	ارتعاش دست- بازو	ارتعاش تمام بدن		ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین
			وسایل نقلیه	ساختمان ها	
	آب و خاک. ممکن است سایر مشخصات برای کاربردهای خاص الزامی باشند(برای مثال اندازه‌گیری های آزمایشگاهی ممکن است به مشخصات IP نیاز نداشته باشند در حالی که اندازه-گیری ها در جو های قابل احتراق به نرخ های IPی بالاتری نساز خواهند داشت).				

یادآوری۱- حساسیت عرضی (ترانسورس) به محور و احتمالا به بسامد و دامنه ی نوسان وابسته خواهد بود؛ این حساسیت معمولا به صورت مقداری واحد نماینده ی موقعیت بدترین حالت داده می شود.

یادآوری۲ – درصورتی که اندازه‌گیری های چند محوره (۳ یا ۶ محور) انجام شوند، نتایج اندازه‌گیری ممکن است برای اثر حساسیت های عرضی (ترانسورس) ترانسدیوسرهای ارتعاش تصحیح شوند، به شرطی که اطلاعات تفصیلی مناسب آماده باشند.

پیوست ج

(اطلاعاتی)

آزمون های سیستم های نصب

ج-۱ اندازه‌گیری دست-بازو

ج-۱-۱ کلیات

سیستم های نصب برای اندازه‌گیری ارتعاش دست-بازو باید سیستمی سبک وزن، کوچک و محکم فراهم کنند تا اطمینان حاصل شود که خروجی ترانسدیوسرهای ارتعاش به درستی تسریع ارتعاش را روی سطح مرتعش بازتولید می کند.

این پیوست یک روش اجرایی آزمون پایه ای اختیاری برای سیستم های نصب تک محور و چند محور ارائه می کند.

ج-۱-۲ روش اجرایی آزمون

آزمون ها باید برروی شتاب سنج های نصب شده، همان گونه که در شکل ج-۱ نشان داده شده است، انجام شوند. ترانسدیوسر ارتعاش مرجع باید الزامات شتاب سنج آمده در این استاندارد را برآورده کند. سیستم نصب آزمون و شتاب سنج آزمون باید آن هایی باشند که برای استفاده با دستگاه های تحت سنجش در برابر این استاندارد مشخص شده اند.

دستگیره های آزمون باید استوانه های محکم با قطر ۲۵ میلیمتر و طول ۱۲۵ میلیمتر باشند. ارتعاش ورودی باید در جهت نشان داده شده در شکل ج-۱ به دستگیره اعمال شود. ممکن است دستگیره در هر نقطه یا نقاطی پشتیبانی شده باشد ، به شرطی که سیستم نصب آزمون تحت تاثیر قرار نگیرد، و ،در صورت مناسب بودن، بتوان سیستم نصب را با دست ثابت نگاه داشت. تمام اندازه‌گیری ها باید در طول محور ارتعاش ورودی انجام شوند.

درصورتی که سیستم نصبی برای نگاه داشتن دستی طراحی شده باشد، باید در حالی که با دست نگه داشته شده، و با استفاده از نیروی گرفتن شل و محکم، مورد آزمون قرار گیرد. اگر هرگونه گیرداری تکمیلی در مستندات دستگاه مشخص شده باشد، باید از این امر برای این آزمون ها استفاده نمود.

یادآوری- نیروی گرفتن بایستی بصورت ایده آل در تمام طول اندازه‌گیری، پایش و کنترل شود. نیروهای گرفتن که در طول اندازه‌گیری تغییر می کنند، می توانند بر پاسخ ظاهری سیستم نصب اثر بگذارند.

طیف ارتعاش ورودی نوفه سفید تک محوری را همانند شکل ج-۱ به کار ببرید. گستره ی بسامد طیف باید حداقل ۳۱/۵ تا ۱۲۵۰ هرتز با مقدار r.m.s. وزن دهی شده ی کل $w_h m/s^2$ ۱۰ باشد. رواداری روی طیف نوفه سفید باید درون ٪ ۲۰ ± همان طور که در نقطه مرجع روی دستگیره آزمون اندازه‌گیری شده است، باشد.

تحلیل کانال دوگانه را با نمو بسامدی که از ۸ هرتز بیشتر نیست و گستره ی بسامد حداقل ۳۱/۵ تا ۱۲۵۰ هرتز، از خروجی های شتاب سنج های آزمون مرجع و نصب شده، انجام دهید (برای اطلاعات تکمیلی درباره ی پارامترهای اندازه‌گیری باند باریک، به پیوست پ مراجعه کنید).

سه تکرار اندازه‌گیری، روی دوره های حداقل ۳۰ ثانیه انجام دهید. بین هر اندازه‌گیری، سیستم نصب را برداشته و دوباره وصل کنید.

تابع پاسخ بسامد بین ترانسدیوسر ارتعاش مرجع و ترانسدیوسر ارتعاش آزمون نصب شده باید ۱/۰ با رواداری ٪ ۱۵ ± در تمام بسامد ها باشد. انسجام تابع پاسخ بسامد باید در تمام بسامد ها، بهتر از ۰/۸ از ۳۱/۵ تا ۱۲۵۰ هرتز باشد.

اگر تحلیل کانال دوگانه آماده نباشد، اندازه‌گیری هم زمانی از طیف ترانسدیوسرهای آزمون نصب شده و ارتعاش مرجع انجام دهید. در همه ی بسامد ها از ۳۱/۵ تا ۱۲۵۰ هرتز، طیف شتاب سنج آزمون باید درون ٪ ۱۵ از طیف ترانسدیوسر ارتعاش مرجع باشد.

در صورت امکان، بایستی آزمون های ابتدائی را در حالی انجام داد که شتاب سنج آزمون مستقیما روی دستگیره ی آزمون نصب شده باشد (یعنی نصب شده بصورت محکم، با استفاده از ستون یا چسب، بدون سیستم نصب آزمون). این آزمون های تکمیلی داده های خط مبنایی فراهم می کنند که می توان برای طبیعی کردن نتایج آزمون نهایی از آن ها استفاده نمود.

ج-۱-۳ گزارش آزمون

مستندات دستگاه باید اطلاعات زیر را در خود بگنجاند:

الف) نوع و شماره سریال ترانسدیوسر مرجع

ب) نمو بسامد تحلیل بسامد

پ) بزرگی و بسامد بیشینه انحراف از طیف مرجع (بصورت درصدی از مقدار مرجع) برای هر کدام از آزمون های محور x، y و z .

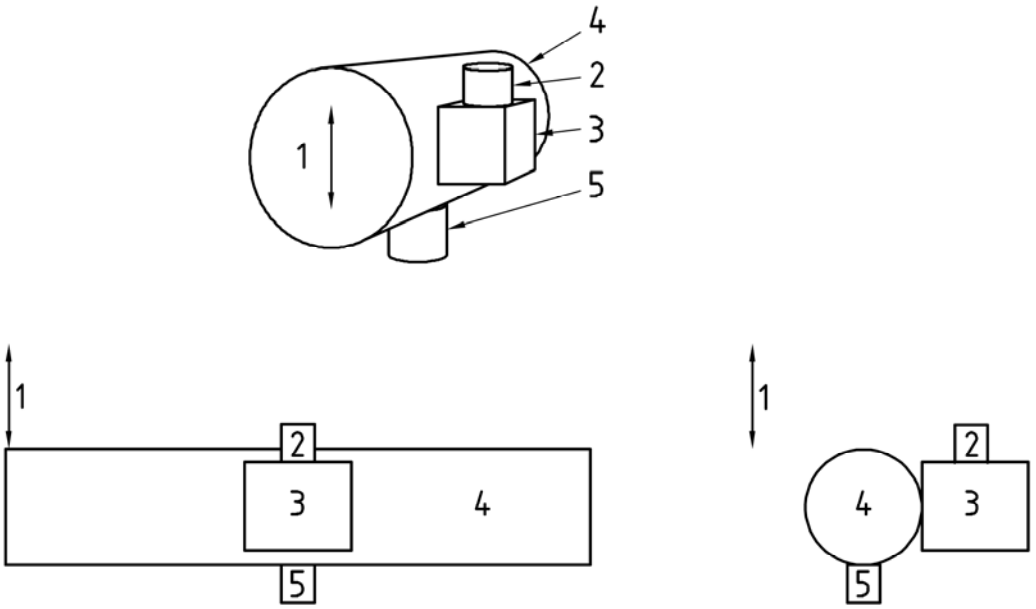
ممکن است یک نسخه چاپی از تابع پاسخ بسامد از آزمون ها، بصورت اختیاری فراهم شود.

ج-۲ اندازه‌گیری تمام بدن

یک روش نصب برای اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن روی تشتک یا پشتی شخص نشسته در استاندارد ISO 10326-1 تعریف شده است.

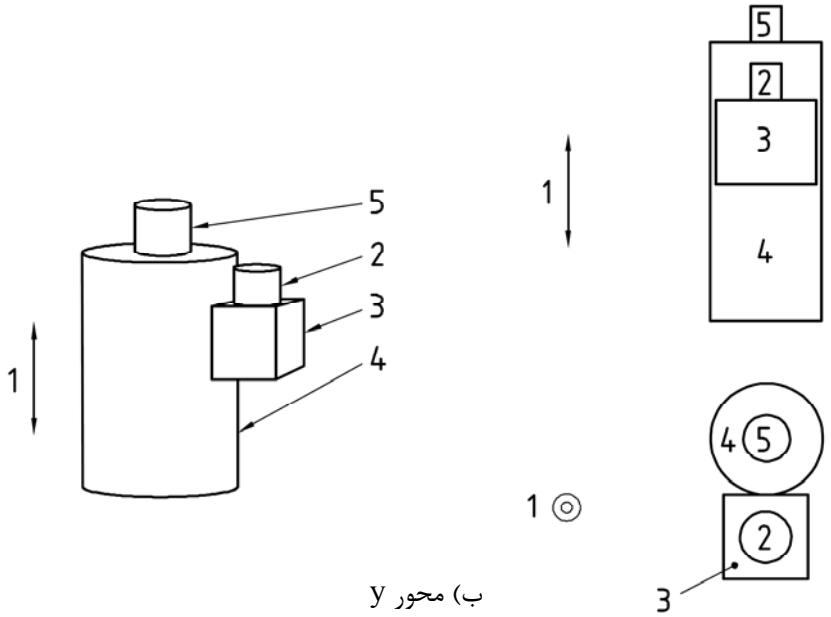
استاندارد ISO 10326-1، برای آزمون های آزمایشگاهی از ارتعاش صندلی وسیله نقلیه مشخص می کند که شتاب سنج ها باید در مرکز صفحه ی نصب با قطر کل (250± 50)میلیمتر چفت شود. صفحه باید تا حد امکان نازک باشد. ارتفاع نباید بیشتر از ۱۲ میلیمتر باشد. صفحه ی نصب نیمه محکم تقریبا 80 Shore A تا

90 Shore A لاستیک قالبی یا ماده ی پلاستیکی باید فضای خالی مرکزی داشته باشد که در آن باید شتاب سنج ها را قرار داد. شتاب سنج ها باید به صفحه ی فلزی نازکی با ضخامت (1,5± 0,2) میلیمتر و قطر (75±5) میلیمتر چفت شوند.

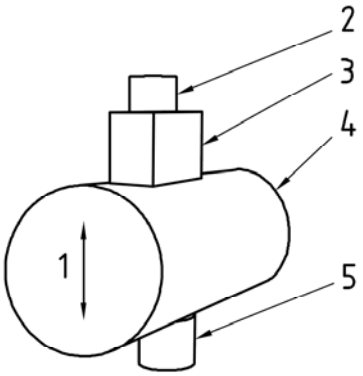


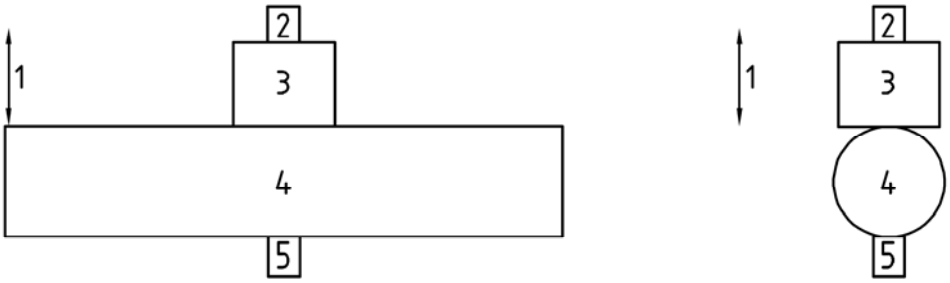
الف) محور x

شکل ج-۱ – پیکره بندی های آزمون



ب) محور y





پ) محور z

راهنما:

۱. محور ارتعاش ورودی
۲. ترانسدیوسر آزمون
۳. سیستم نصب آزمون
۴. دستگیره
۵. ترانسدیوسر مرجع

شکل ج-۱ (ادامه)

پیوست چ
(اطلاعاتی)
مستندات دستگاه

چ-۱ اطلاعات کلی

اطلاعات زیر باید داده شوند:

الف) ارجاع به این استاندارد؛

ب) تاریخ سنجش الگو و قابلیت ردیابی آن آزمون ها به استانداردهای ملی و بین المللی اندازه شناسی؛

پ) توصیف کل دستگاه در پیکره بندی برای مُد معمولی بهره برداری شامل کابل های توسعه، سیستم نصب، فیلتر مکانیکی یا وسیله های مربوطه، در صورتی که قابل کاربرد باشند؛

ت) توصیف شتاب سنج(های) مورد توصیه برای استفاده با دستگاه؛

ث) توصیف ویژگی ها و بهره برداری هر کانال مستقل از دستگاه چند کاناله؛

ج) شناسایی هرگونه لوازم کمکی که ممکن است برای انطباق دستگاه با مشخصات نیاز باشند (برای مثال فیلترهای مکانیکی، سیستم ها یا کابل های نصب؛ نرم افزار اختصاص یافته نیز می تواند قسمت جدائی ناپذیری از دستگاه باشد)؛

چ) شناسایی لوازم کمکی جایگزین الزامی برای کاربردهای خاص، و شرایطی که باید در آن ها مورد استفاده قرار گیرند(برای مثال وسیله های نصب یا ترانسدیوسرهای ارتعاش برای محیط های شوک بالا).

چ-۲ خصوصیات طراحی

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) توصیفات کمیت هایی که دستگاه قادر به اندازه‌گیری آن هاست (برای مثال مقدار ارتعاش وزن دهی شده با زمان، مقدار ارتعاش با میانگین زمانی، و مقدار دُز ارتعاش)، بصورت جداگانه یا ترکیبی؛

ب) توصیف وزن دهی های بسامد که با مشخصات این استاندارد انطباق دارند، و وزن دهی محدود کننده ی باند؛

پ) توصیف روش، یا روش های استفاده شده برای ترکیب داده های تک محور، شامل شناسایی وزن دهی های بسامد و فاکتورهای ضرب استفاده شده، در صورتی که داده های محور ترکیبی ارائه شده باشند؛

ت) اطلاعاتی درباره ی ویژگی های هدف طراحی و حدود رواداری که باید برای کمیت هایی نگهداری شوند که دستگاه قادر به اندازه‌گیری آن هاست اما هیچ مشخصات عملکردی برای آن ها در این استاندارد فراهم نشده است؛ این ویژگی ها شامل وزن دهی های بسامد و پاسخ های بسامد می شوند؛

ث) توصیف وزن دهی های زمانی؛

ج) توصیف گستره های اندازه‌گیری و بهره برداری کنترل گستره ی اندازه‌گیری؛

چ) توصیف تمام وسیله های نمایش، از جمله مدل های بهره برداری وسیله های نمایش دیجیتالی، و شناسایی کمیت های اندازه‌گیری نمایش داده شده روی هر وسیله ی نمایش؛ اگر بیش از یک وسیله ی نمایش فراهم شده باشد، بیانیه ای که ذکر کند کدام یک از این وسیله ها با مشخصات این استاندارد انطباق دارند و کدام یک برای اهداف دیگری هستند (به یادآوری مراجعه کنید)؛

ح) توصیف مُد معمولی بهره برداری کل دستگاه؛

خ) شناسایی امکانات اختیاری که فراهم شده اند و مشخصات عملکردی برای آن ها در این استاندارد داده شده است؛

د) بیانیه ی مقادیر ارتعاش نامی در مرزهای بالایی و پایینی گستره ی بهره برداری خطی در بسامد مرجع در هر گستره ی اندازه‌گیری؛

ذ) برای هر وزن دهی بسامد و پاسخ بسامد فراهم شده، بیانیه ای از مرزهای بالا و پایین برای کل گستره ی مقادیر ارتعاش نامی که می توانند به عنوان تابعی از بسامد و درون حدود رواداری قابل کاربرد، اندازه‌گیری شوند؛

ر) توصیف بهره برداری هر گونه ی خصیصه ی نگهداشتن[1] و وسایل پاک سازی صفحه ی نمایش نگهداشته شده؛

ز) توصیف بهره برداری امکانات بازنشانی برای اندازه‌گیری های مقادیر ارتعاش با میانگین زمانی، بیشینه مقادیر ارتعاش، مقادیر دُز ارتعاش و بیشینه مقادیر ارتعاش گذرا؛ بیانیه ای درباره ی این که آیا بهره برداری امکانات بازنشانی، نشانه ی اضافه بار را پاک می کند یا خیر؛ بیانیه ای از زمان تاخیر نامی بین بهره برداری امکانات بازنشانی و آغاز اندازه‌گیری؛

ژ) توصیف بهره برداری و تفسیر نشانه های اضافه بار و زیر گستره و وسایل پاک سازی نشانه های اضافه بار و زیر گستره؛

س) شناسه منحصر بفرد از هر نرم افزار برنامه ی رایانه‌ای که برای بهره برداری دستگاه و روش اجرائی برای نصب و استفاده ی آن مورد نیاز است؛

ش) شناسایی هر نسخه ای از نرم افزار خارجی یا سفت افزار داخلی الزامی برای دستیابی به انطباق با این استاندارد.

یادآوری – یک رابط a.c., d.c. یا خروجی دیجیتالی به تنهایی وسیله ی نمایش نمی باشد.

1-hold

چ-۳ حساسیت ارتعاش

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) شناسایی کالیبراتور(های) ارتعاش که ممکن است برای بنا نهادن حساسیت ارتعاش دستگاه استفاده شوند؛

ب) بسامد، یا بسامد های وارسی کالیبراسیون؛

پ) روش های اجرائی مورد توصیه برای وارسی و تنظیم حساسیت ارتعاش دستگاه در مقدار ارتعاش مرجع در گستره ی اندازه‌گیری مرجع و در بسامد وارسی کالیبراسیون؛

ت) نشانه ی نرخ پیش بینی شده ی رانش حساسیت تحت شرایط کاری معمولی؛

ث) روش اجرائی برای آزمون های درمحل (به بند ۱۴ مراجعه کنید).

چ-۴ حساسیت به ارتعاشات در شرایط محیطی

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) روش اجرائی برای تنظیم نتیجه ی اندازه‌گیری های اثرات دما و رطوبت هنگامی که این عوامل با شرایط محیطی مرجع تفاوت دارند؛

ب) شناسایی اجزای سنجه ی ارتعاش که با مشخصات قابل کاربرد این استاندارد برای حساسیت به ارتعاشات در شرایط محیطی انطباق دارند؛

پ) بیانیه ی بازه ی زمانی معمولی مورد نیاز برای سنجه ی ارتعاش تا پس از تغییرات در شرایط محیطی، تثبیت شود؛

ت) توصیف اثرات تخلیه های الکترواستاتیکی روی بهره برداری سنجه ی ارتعاش؛ بیانیه درباره ی تنزل یا از بین رفتن عملکرد یا وظیفه ی سنجه ی ارتعاش، در صورت وجود، به دلیل مواجهه با تخلیه های الکترواستاتیکی؛ برای دستگاه هایی که مستلزم دسترسی به نقاط داخل دستگاه برای نگهداری توسط کاربر دارند، بیانیه ای، در صورت نیاز، که استفاده از احتیاط ها در برابر خسارت بخاطر تخلیه های الکترواستاتیکی را تجویز می کند؛

ث) بیانیه درباره ی این که دستگاه با مشخصات این استاندارد برای مصونیت الزامی در برابر میدان های بسامد برق .a.c و بسامد رادیویی انطباق دارد؛

ج) مُد(های) بهره برداری دستگاه، و هر دستگاه رابط که دارای حداقل مصونیت (یعنی بیشترین حساسیت) در برابر میدان های بسامد برق .a.c و بسامد رادیویی هستند؛

چ) جهت گیری بیشینه حساسیت به میدان های بسامد برق .a.c؛

ح)بیانیه ی انطباق با مشخصات برای انتشار بسامد رادیویی.

چ-۵ منبع تغذیه

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) برای دستگاه هایی که نیرویشان از باتری های داخلی تامین می شود، توصیه هایی برای انواع قابل قبول باتری، و مدت زمان نامی بهره برداری پیوسته تحت شرایط محیطی مرجع هنگامی که باتری های با ظرفیت کامل نصب شده باشند؛

ب) توصیف روش مورد توصیه برای وارسی وضعیت منابع تغذیه؛

پ) برای دستگاه هایی که نیرویشان از باتری تامین می شود، وسایل مورد توصیه برای بهره برداری دستگاه از منبع تغذیه ی خارجی؛

ت) برای دستگاه هایی که مقصودشان بهره برداری از منبع عمومی نیروی الکتریکی .a.c است، بیانیه ای از ولتاژ و بسامد نامی منبع.

چ-۶ ترانسدیوسر ارتعاش

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) پاسخ بسامد (یا مثالی از پاسخ معمولی به نوع شتاب سنج، یا پاسخ حقیقی به ترانسدیوسر ارتعاش تامین شده)؛

ب) توده ی ترانسدیوسر ارتعاش و توده ی هر سستم نصب تامین شده؛

پ) ابعاد محورهای ترانسدیوسرهای ارتعاش در ارتباط با نقطه ی نصب؛

ت) موقعیت محورهای ترانسدیوسر ارتعاش در ارتباط با نقطه ی نصب؛

ث) گستره ی دما و حساسیت دما؛

ج) حساسیت به میدان های الکترومغناطیسی؛

چ) حساسیت آکوستیک؛

ح) حساسیت عرضی؛

خ) بیشینه تسریع شوک؛

د) بسامد تشدید؛

ذ) توانایی مقاومت در برابر نفوذ نم یا خاک.

چ-۷ لوازم جانبی

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) اصلاحاتی که باید به نتایج اندازه‌گیری هایی اعمال شود که وقتی انجام شده اند که کابل توسعه ی اختیاری بین شتاب سنج و سایر اجزای سنجه ی ارتعاش قرار گرفته است؛

ب) بیشینه طول کابل مورد توصیه بین شتاب سنج و دستگاه ارتعاش؛

پ) برای خروجی الکتریکی .a.c، گستره ی آماده ی ولتاژهای خروجی، امپدانس الکتریکی داخلی در خروجی، گستره ی مورد توصیه ی امپدانس بارگذاری، و حدود رواداری روی سیگنال ها در خروجی؛

ت) اطلاعات درمورد استفاده از سنجه ی ارتعاش، هنگامی که با فیلترهای خارجی تجهیز شده است؛

ث) اطلاعات درمورد اتصال وسیله های کمکی به سنجه ی ارتعاش و اثرات چنین وسیله های کمکی روی ویژگی های الکتریکی دستگاه؛

ج) برای سنجه های ارتعاش که اتصال کابل های واسط یا اتصال میانی را میسر می سازند، توصیه هایی برای طول های معمولی کابل و توصیف ماهیت تمام وسیله هایی که کابل ها ممکن است به آن ها چفت شوند.

چ-۸ بهره برداری از دستگاه

اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) مدت زمان بازه ی زمانی ابتدائی پس از روشن شدن، که به دنبال آن می توان دستگاه را برای اندازه-گیری مقدار ارتعاش تحت شرایط محیطی غالب مورد استفاده قرار داد؛

ب) بازه ی زمانی قبل از نمایش قرائت به دنبال تکمیل اندازه‌گیری؛

پ) بیانیه ی زمان های میانگین گیری حداقل و بیشینه؛

ت) توصیف روش اجرائی برای پیش تنظیم بازه های زمانی انتگرال گیری؛

ث) توصیف روش مورد توصیه ی انتقال یا دانلود داده های دیجیتالی به منبع ذخیره ی داده های خروجی یا وسیله ی نمایش، و شناسایی نرم افزار و سخت افزار کامپیوتری برای انجام آن تکالیف؛

ج) حداقل برای شرایط محیطی مرجع، نشانه های معمولی متناظر با نوفه ذاتی از ترکیب ترانسدیوسر ارتعاش مورد توصیه و سایر اجزای دستگاه (نشانه های معمولی باید برای تمام وزن دهی های بسامد آماده به عنوان مقدار ارتعاش با میانگین زمانی برای زمان انتگرال گیری بیان شده، فراهم شوند).

چ-۹ اطلاعات تکمیلی برای انجام آزمون

اطلاعات زیر باید داده شوند:

الف) برای روش های اجرائی آزمون که در بندهای این استاندارد پوشش داده نشده اند، توصیه هایی برای روش های اجرایی و روش های اجرای آزمون ها که انطباق با مشخصات داده شده در این استاندارد یا مستندات دستگاه را، به اقتضا، بصورت عملی اثبات می کنند؛

ب) شناسایی گستره ی اندازه‌گیری مرجع و مشخصات مرز پایینی آن؛

پ) توصیف امپدانس الکتریکی هم ارز شتاب سنج(ها)؛ وسایل مورد توصیه برای جانشین سازی سیگنال الکتریکی هم ارز با سیگنال شتاب سنج؛ توصیف امکانات ورودی برای سیگنال های الکتریکی؛

ت) بیانیه ی بیشینه مقدار تسریع ارتعاش در شتاب سنج و بیشینه ولتاژ قله به قله در امکانات ورودی الکتریکی؛

ث) بیانیه ی حداقل ولتاژ منبع تغذیه که انطباق سنجه ی ارتعاش با مشخصات این استاندارد را میسر خواهد کرد؛

ج) توصیف جهت گیری مرجع برای مورد آزمون قرار دادن اثرات مواجهه با میدان های بسامد رادیویی؛

چ) توصیف مُد(های) بهره برداری از سنجه ی ارتعاش، و هر گونه وسیله ی رابط، که بیشترین انتشارات بسامد رادیویی را تولید می کنند؛ فهرست پیکره بندی های دستگاه که انتشارات بسامد رادیویی یکسان یا کمتر را تولید می کنند؛

ح) توصیف اثرات تغییرات در دمای هوا برروی حساسیت ارتعاش.

چ-۱۰ اطلاعات تکمیلی

بطور کلی، با سنجه ی ارتعاش انسانی می توان به عنوان جعبه ی سیاهی با واکنش های خوب تعریف شده (یا درجات مصونیت) به محرک های خارجی خاص رفتار کرد. اما مستندات فنی خوب نیز بایستی به کاربر، کالیبراسیون و پرسنل خدماتی درباره ی اتفاقاتی که داخل دستگاه روی می دهند، اطلاع رسانی کند.

بیشتر سئوالاتی را که ممکن است درباره ی استفاده و نگهداری دستگاه ایجاد شوند، می توان با فراهم نمودن توصیفی پایه ای از فنون استفاده شده و نموداری بلوکی از قسمت های وظیفه ای اصلی یا زیر واحدهای کل دستگاه، پاسخ داد.

به همین منوال، شدیدا توصیه می شود که اطلاعات، فراتر از الزامات داده شده در این پیوست فراهم شوند، برای مثال، موارد زیر:

الف) نوع ترانسدیوسر، یعنی تاثیر فیزیکی استفاده شده برای حس کردن ارتعاش؛

ب) کمیت/ پارامتر فیزیکی استفاده شده به عنوان حامل سیگنال از ترانسدیوسر به دستگاه در صورتی که انتقال آنالوگ با سیم باشد؛ متناوباً، پارامترهای پایه ای انتقال بی سیم و/یا دیجیتالی؛

پ) توالی جمع کردن بردار و آشکارسازی .r.m.s، خصوصا در مورد پردازش سیگنال دیجیتالی؛

ت) باند بسامد پیش-پالایش و نوع فیلترهای پایین گذر (ضد الایزینگ[1]) و بالا گذر؛

ث) طول کلمه تبدیل A/D و نرخ نمونه برداری؛ در موارد زیر-نمونه برداری، طول کلمه ی نتیجه شده و نرخ نمونه برداری پس از زیر-نمونه برداری، مقدم بر پردازش سیگنال اصلی؛

ج) نوع پردازش سیگنال استفاده شده برای محدود کردن باند و وزن دهی، برای مثال:

۱) پردازش مستقیم با استفاده از فیلترهای آنالوگ،

۲) پردازش مستقیم با استفاده از فیلترهای دیجیتالی بازگشتی (پاسخ تکانه نامتناهی)،

۳) پردازش مستقیم با استفاده از فیلترهای دیجیتالی ترانسورسال (پاسخ تکانه متناهی)،

۴) تحلیل طیف با استفاده از فیلترهای دیجیتالی با پهنای باند در صد ثابت (بیان نوع فیلتر و پهنای باند به عنوان کسری از اکتاوها)،

۵) تحلیل طیف با استفاده از تبدیل گسسته یا فوریه (بیان پنجره زمانی، هم پوشانی، تفکیک پذیری و تعداد خطوط)، و به دنبال آن

- انتقال وارون به دامنه ی زمان پس از وزن دهی بسامد (بزرگی و فاز)، یا

- جمع کردن توان روی باندهای بسامد پس از وزن دهی بسامد (فقط بزرگی).

1- Anti-Aliasing

پیوست ح

(الزامی)

الزامات پاسخ فاز برای اندازه‌گیری کمیت های غیر .r.m.s

ح-۱ کلیات

اندازه‌گیری کمیت های غیر .r.m.s از قبیل مقادیر قله، کمیت های بر پایه ی توان چهارم (VDV) و بیشینه .r.m.s متحرک (MTVV)، به خطاهای فاز حساس اند. این پیوست ارائه شده است تا مسائل بالقوه ی پاسخ های فاز، هنگام پردازش سیگنال های ارتعاش برای بدست آوردن قله و سایر پارامترهای غیر .r.m.s را برجسته کند و آزمون هایی ارائه دهد که ارزیابی پاسخ فاز دستگاه را میسر می سازند.

یادآوری – مشخصات بند ۵-۹، پاسخ کلی هدف طراحی پارامترهای غیر .r.m.s به سیگنال دندان اره ای را تعریف می کند. پاسخ حقیقی به آزمون دندان اره ای به خطاهای فاز حساس است، چرا که سیگنال دندان اره ای اصولا از سیگنال های بنیادی و هارمونیک ثانوی ساخته شده است. با این حال، این امر آزمونی از پاسخ فاز در تمام بسامد ها فراهم نمی کند.

اگر سنجه ی ارتعاش (از جمله ترانسدیوسر) طبق وظایف پیچیده ی وزن دهی بسامد مشخص شده در بند ۵-۶ طراحی شده باشد، ریسک خطاهای ایجاد شده با انحراف فاز، نسبتا پایین است. اگر فیلترهای وزن دهی از فیلترهای آنالوگ ساده ساخته شده باشند، پاسخ فاز صحیح بطور خودکار به دست می آید.

در صورتی که وزن دهی بسامد با استفاده از فیلترهای دیجیتالی اجرا می شود، وزن دهی صحیح را می توان با فیلترهای دیجیتالی برگشتی و بسامد نمونه ای که باندازه ی کافی بالاست، به دست آورد. با این حال، استفاده از فیلترهای وزن دهی دیجیتالی غیر برگشتی (برای مثال فیلترهای تغییر فاز صفر) یا وزن دهی بسامد از طریق تحلیل بسامد(فیلترهای عبور باند یا تبدیل فوریه DFT یا FFT) می تواند خطاهای قابل ملاحظه ای با کمیت های غیر .r.m.s اسجاد کند.

ح-۲ تعریف و سنجش پاسخ فاز

ح-۲-۱ کلیات

هدف طراحی برای پاسخ فاز با فرمول های (۸) تا (۱۲) تعریف شده است و می تواند از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$\tan(\varphi) = \frac{\mathrm{Im}[H(s)]}{\mathrm{Re}[H(s)]} \qquad (ح-۱)$$

که در آن H(s) با فرمول (۱۲) تعریف شده است. مقادیر زاویه ی فاز φ در جداول ب-۱ تا ب-۹ گنجانده شده است.

پاسخ فاز سنجه ی ارتعاش انسانی باید با هدف طراحی برای پاسخ فاز مقایسه شود. با این حال، خطاهای ایجاد شده به دلیل انحراف فاز صرفا به اختلاف ساده ی بین پاسخ دستگاه و هدف طراحی ارتباط ندارد؛

فاکتور مهم این است که خطای فاز چگونه با بسامد تغییر می کند. به این دلیل، انحراف فاز مشخصه پارامتر ($\Delta\varphi_0$ یا CPD) تعریف شده است. این مقدار از تفاوت بین وظایف حقیقی و ایده آل پاسخ فاز استنتاج می شود:

$$\Delta\varphi_0(f) = \left|\Delta\varphi(f) - f \cdot \Delta\varphi'(f)\right| \qquad \text{(ح-۲)}$$

که در آن

f بسامد؛

$\Delta\varphi(f)$ انحراف فاز؛

$\Delta\varphi'(f)$ خارج قسمت دیفرانسیلی (شیب منحنی $\Delta\varphi(f)$) است.

اگر رواداری ها برای خطای فاز $\Delta\varphi(f)$ مشخص شده باشد، در آنصورت رواداری های شدیدا باریک ضروری خواهد بود تا به درستی اندازه‌گیری مشخص شده برای کمیت های غیر .r.m.s دست یافت. تبدیل به $\Delta\varphi_0(f)$ به پاسخ فاز حقیقی، آزادی بیشتری برای همان درستی اندازه‌گیری می‌دهد.

یادآوری۱ – زمان تاخیر گروهی ثابت (انحراف فاز که در بسامد نسبی است، یعنی شیب ثابت منحنی پاسخ) احتمالا از رواداری های روی انحراف فاز بسیار فراتر خواهد رفت، اما نه بر پارامترهای ارتعاش که باید اندازه‌گیری شوند و نه بر مقادیر انحراف فاز ویژگی تاثیر نخواهد گذاشت. از طرف دیگر، زمان تاخیر گروهی وابسته به بسامد (شیب متغیر منحنی پاسخ) می تواند بی آنکه از رواداری های انحراف فاز فراتر رود، انحراف های قابل ملاحظه ای در پارامترهای ارتعاش که باید اندازه‌گیری شوند، ایجاد کند.

در عمل، کافی است $\Delta\varphi_0(f)$ را برای توالی بسامد های گسسته (f_n) ترجیحا در گام های یک سوم اکتاو تعیین کنیم. فرمول (ح-۲) بنابراین با فرمول (ح-۳) تقریب زده می شود [همچنین به فرمول (۱۳) مراجعه کنید].

$$\Delta\varphi_0(f_n) = \left|\frac{f_{n+1} \cdot \Delta\varphi(f_n) - f_n \cdot \Delta\varphi(f_{n+1})}{f_{n+1} - f_n}\right| \qquad \text{(ح-۳)}$$

این مطلب، محاسبه‌ی $\Delta\varphi_0(f_n)$ در هر بسامد f_n به جز بالاترین بسامد را میسر می سازد.

رواداری های مورد توصیه ی انحراف فاز ویژگی در جدول ۵ داده شده و در جداول ب-۱ تا ب-۹ جدول بندی شده اند.

بیشینه انحراف مقدار قله ی احتمالی $\Delta PV_{\max}$ حاصل شده از $\Delta\varphi_0(f)$ ممکن است با فرمول زیر تقریب زده شود:

$$\Delta PV_{\max} \approx \pm \max \cdot \{0.48 \times \sin[\Delta\varphi_0(f_n)]\} \times 100\% \qquad \text{(ح-۴)}$$

برای بیشینه انحرافات فاز ویژگی ۱۲ درجه، بیشینه انحراف مقدار قله تقریبا ٪ ۱۰ است.

یادآوری۲ – فرمول (ح-۴) تقریبی از نتایج عددی است و به مقادیر کوچک $\Delta\varphi_0$ تنها کمتر از ۳۰ درجه اعمال می شود. بسته به شکل موج سیگنال، انحراف حقیقی مقدار قله معمولاً کوچک تر از $\Delta PV_{\max}$ خواهد بود که تخمین بدترین حالت است، و دامنه های نوسان و زوایای فاز صفر دو جزء بسامد در نامساعدترین وضع را ترکیب می کند. اما در غیرمحتمل ترین حالت که اجزای بیشتری همکاری نامساعدی دارند، انحراف حقیقی مقدار قله می تواند بالاتر نیز برود. بطور آماری، اصطلاح «بیشینه» ممکن است صدک بسیار پایینی فرض شود. اگرچه این روش اساسا برای اندازه‌گیری های مقدار قله توسعه یافته است، اما می تواند به عنوان تخمین اولیه برای اندازه‌گیری های VDV نیز استفاده شود.

دو روش اجرائی در این پیوست تعریف شده اند که روش هایی برای آزمون مستقیم یا غیر مستقیم انحراف فاز ویژگی فراهم می کنند. اولین روش اجرائی آزمون فرض می کند که سیگنال وزن دهی شده با بسامد (آنالوگ یا دیجیتالی) درست قبل از استخراج پارامترهای سیگنال، آماده است، به طوری‌که هیچ تغییر فاز دیگری نمی تواند در مسیر سیگنال رخ دهد. اگر این سیگنال قابل دسترسی نیست اما مُد اندازه‌گیری قله، ثبت شده است، دومین روش اجرائی دو-تن توصیه می شود.

ح-۲-۲ آزمون مستقیم پاسخ فاز

اگر سیگنال وزن دهی شده با بسامد (آنالوگ یا دیجیتالی) درست قبل از استخراج پارامترهای سیگنال آماده باشد (به طوری‌که هیچ تغییر فاز دیگری نمی تواند در مسیر سیگنال رخ دهد)، آزمون های پاسخ فاز دستگاه اندازه‌گیری ارتعاش را می توان مطابق استاندارد ISO 16063-21 (روش مقایسه) با استفاده از ترانسدیوسر ارتعاش مرجع با پاسخ فاز کالیبره شده انجام داد. کالیبراسیون پاسخ فاز ترانسدیوسر مرجع را می توان مطابق استاندارد ISO 16063-11 (تداخل سنجی لیزری) یا استاندارد ISO 16063-12 (روش تقابل) اجرا کرد.

ح-۲-۳ آزمون پاسخ فاز با روش دو-تُن

ح-۲-۳-۱ شرایط آزمون دو-تُن

اگر سیگنال وزن دهی شده با بسامد قبل از استخراج پارامترهای سیگنال آماده نباشد، اما مُد اندازه‌گیری قله، ثبت شده باشد، توصیه می شود پاسخ فاز بصورت غیر مستقیم با استفاده از روش دو-تُن اندازه‌گیری شود.

ح-۲-۳-۲ اصل آزمون دو-تُن

دو ارتعاش هارمونیک با پارامترهای $f_{fu}, r_{fu}, \varphi_{fu}$ و $f_{ha}, r_{ha}, \varphi_{ha}$ (که در آن f بسامد، r مقدار r.m.s. ، φزاویه ی فاز صفر تابع سینوس است؛ زیروند fu بنیادی، و ha هارمونیک را نشان می دهد) فرانهاده شده اند و با تکاننده به سنجه ی ارتعاش تحت آزمون اعمال می شوند. مقادیر $f_{fu}, r_{fu}, f_{ha}, r_{ha}$ بطوری انتخاب شده اند که مقدار PEAK نمایش داده شده دارای بالاترین حساسیت به تغییر فاز کوچک و ناخواسته در مسیر سیگنال است. این امر درمورد زیر است

$$f_{fu} / f_{ha} = 3 \quad \text{و} \quad r_{fu} / r_{ha} = 3$$

هنگام تغییر زاویه ی فاز صفر هارمونیک φ_{ha}، مقدار قله از حداقل نسبتا واضحی عبور می کند

$$\varphi_{ha} = 3\varphi_{fu}$$

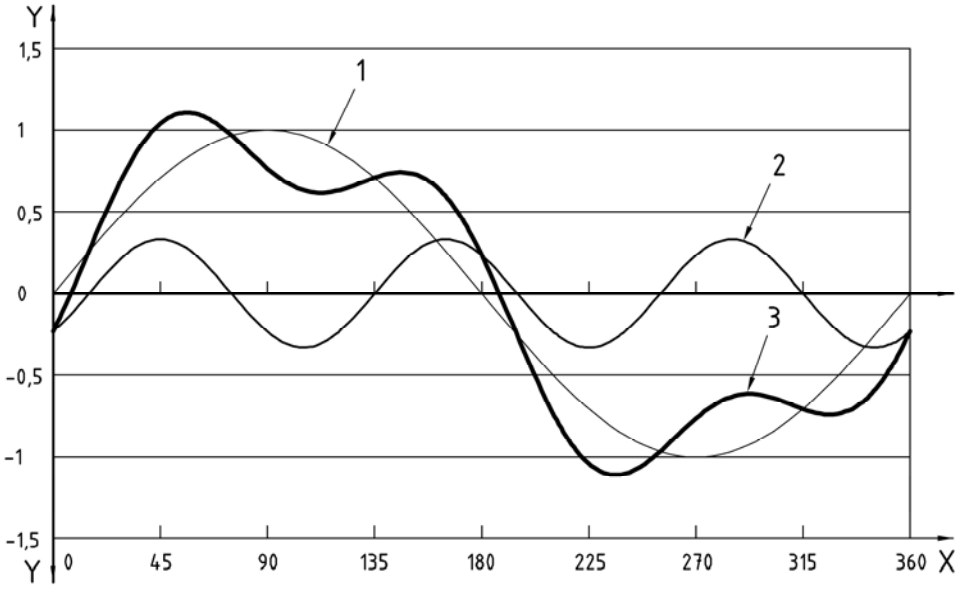
که در آن دو برآمدگی منحنی، نقش خود را به بلندترین برآمدگی ها تغییر می دهند. این نقطه باید با وسیله ی تغییر فاز و خود صفحه نمایش سنجه ی ارتعاش انسانی یافت شود.

نزدیک به حداقل، خطای دیفرانسیلی مقادیر PEAK به بیشینه مطلق خود با ٪ ۱/۷۵ بر هر درجه می رسد. حداقل مقدار PEAK خود برابر است با

$0.943\ r_{fu}$

شکل ح-۱ شکل موج سیگنال با $\varphi_{ha} = 15^\circ$ و $\varphi_{fu} = 0^\circ$ و شکل ح-۲ مقدارPEAK را در برابر φ_{ha} با $\varphi_{fu} = 0$ نشان می دهد.

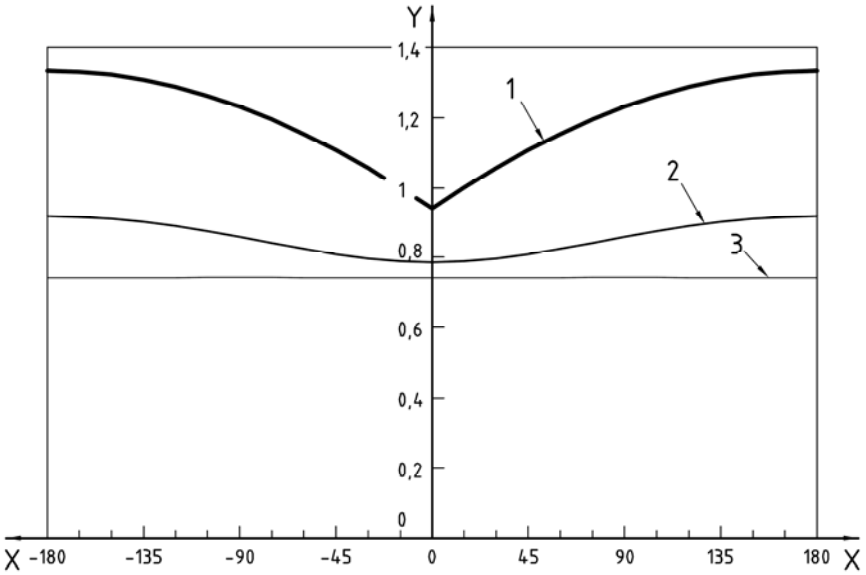
این روش همچنین برداشتی از پهنه ی خطاهای مقدار $PEAK$ به خاطر تغییر فاز در این مورد مخصوص به دست می دهد. با سیگنال های ساختگی، این تاثیر می تواند کوچک تر (سایر نسبت های دامنه ی نوسان و/یا بسامد) یا بالاتر (سیگنال های با زاویه ی حاد یا تکانه های کوتاه) باشد.



راهنما:

X	فاز بنیادی (برحسب درجه)
Y	بزرگی شکل موج
1	بنیادی
2	هارمونیک (تغییر ۱۵ درجه)
3	برآیند

شکل ح-۱- گراف توابع



راهنما:

X	تغییر فاز سیگنال هارمونیک (بر حسب درجه)
Y	مقدار ارتعاش
1	بیشینه قله، m/s^2
2	VDV، $m/s^{1,75}$
3	r.m.s.، m/s^2

شکل ح-۲- مقادیر PEAK و VDV در برابر تغییر فاز هارمونیک

(دامنه های نوسان ثابت موج های سینوس بنیادی و هارمونیک)

ح-۲-۳-۳ تجهیزات موردنیاز

همان طور که در ذیل آمده است، بیشتر تجهیزات مورد نیاز برای روش دو-تن تجهیزاتی است که در آزمایشگاه هایی که برای اجرای کالیبراسیون پاسخ فاز مجهز شده اند، آماده می باشند:

الف) ژنراتور/اسیلاتور دو-تن، که خروجی های مرتبط به صورت هارمونیک (به عنوان حداقل، نسبت بسامد ۱:۳) فراهم می کنند یا ژنراتور تک-تن بعلاوه ی افزاینده یا تقسیم کننده ی بسامد؛

ب) اگر ژنراتور دامنه های نوسان و زوایای فاز صفر قابل کنترل فراهم نکند، درآنصورت موارد زیر نیز الزامی اند:

- دو کنترل کننده ی دامنه ی نوسان (تقویت کننده یا تضعیف کننده های متغیر، که درصورت امکان به عنوان کنسول آمیزنده ترکیب شده اند)، و

- کنترل کننده ی تغییر فاز (پل فاز، خط تاخیر)؛

پ) آمیزنده ی سیگنال (تقویت کننده ی جمع کردن یا کنسول آمیزنده) اگر قسمتی از تجهیزات دیگر نباشد؛

ت) برانگیزنده (تکاننده)ی ارتعاش با تقویت کننده ی توان؛

ث) ترانسدیوسر ارتعاش مرجع، کالیبره شده با دامنه ی نوسان و پاسخ فاز؛

ج) سنجه ی فاز قادر به اندازه‌گیری تغییر فاز یا زمان تاخیر فاز بین سیگنال های سینوس که به صورت هارمونیک بهم مرتبط اند؛

چ) سنجه ی ارتعاش انسانی که باید مورد آزمون قرار گیرد.

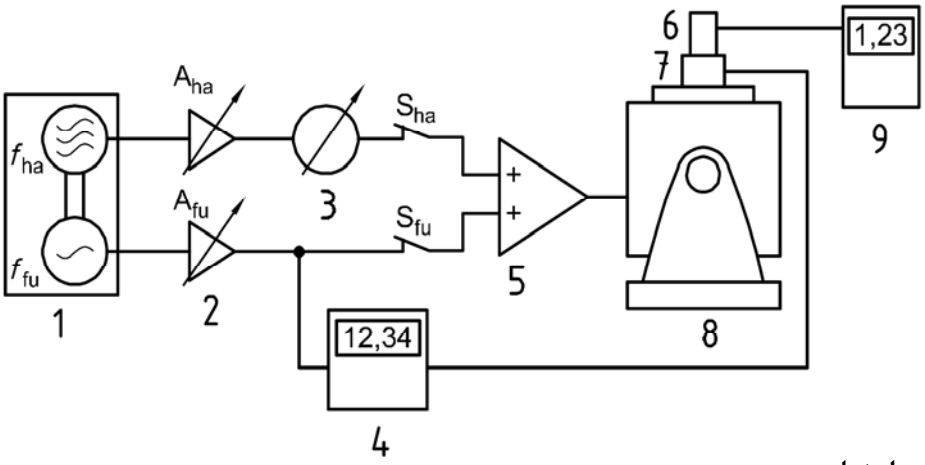
موارد زیر بصورت تکمیلی مورد توصیه اند

ح) تحلیلگر FFT، و

خ) اسیلوسکوپ.

نمودار بلوکی از کل دستگاه آزمون در شکل ح-۳ نشان داده شده است.

این روش با دستورالعمل بهره برداری زیر توصیف شده است. توصیه می شود از دستگاه قابل کنترل با کامپیوتر استفاده شود تا روش اجرائی مکانیزه گردد.



راهنما:

۱ ژنراتور سیگنال دو-تن با فاز زوج شده

۲ کنترل کننده های دامنه ی نوسان

۳ تغییر دهنده ی فاز

۴ سنجه ی فاز

۵ تقویت کننده ی توان و جمع کردن

۶ ترانسدیوسر HVM[a]

۷ ترانسدیوسر مرجع

۸ برانگیزنده ی ارتعاش

۹ سنجه ی ارتعاش انسانی (HVM)

[a]- سنجه ارتعاش انسانی

شکل ح-۳- نمودار بلوکی از روش دو-تن

ح-۲-۳-۴ روش اجرائی آزمون

با قرار دادن سنجه ی ارتعاش انسانی (HVM) در حالتی که مقدار PEAK ارتعاش وزن دهی شده با بسامد را نشان می دهد، به ترتیب زیر پیش بروید:

الف) بسامد های ژنراتور سیگنال را در میان گستره ی گستره ی بسامدی که باید مورد آزمون قرار گیرد، تنظیم کنید (برای مثال برای ارتعاش تمام بدن با بسامد پایین، f_{fu} را روی ۹ هرتز و f_{ha} را روی ۲۷ هرتز قرار دهید).

ب) با روشن کردن S_{fu} و خاموش نمودن S_{ha}، کنترل کننده‌ی دامنه ی نوسان A_{fu} را تنظیم کنید تا نشانه ی مناسبی روی HVM برای $a_{peak,fu}$ به دست دهد(برای مثال ٪ ۶۰ از کل مقیاس). از روی سنجه ی ارتعاش ϕ_{fu} بخوانید.

پ) با خاموش کردن S_{fu} و روشن نمودن S_{ha}، کنترل کننده ی دامنه ی نوسان A_{ha} را طوری تنظیم کنید که نشانه ی HVM $a_{peak,ha}$ با یک سوم $a_{peak,fu}$ هم ارز باشد، یعنی $a_{peak,ha} = a_{peak,fu} / 3$.

تغییردهنده ی فاز را طوری تنظیم کنید تا نشانه ی سنجه ی فاز (بر حسب f_{fu}) اصولا با مرحله ی ب) یکسان باشد، اما برای زمان های تاخیر مختلف ترانسدیوسر مرجع تصحیح شده باشد؛ سنجه ی فاز درآنصورت (بر حسب f_{fu}) نشان خواهد داد:

$$\phi_{ha} = \phi_{fu} - \phi_{tr,fu} + \phi_{tr,ha} \frac{f_{ha}}{f_{fu}}$$

که در آن

$\phi_{tr,fu}$ تغییر فاز ترانسدیوسر مرجع در f_{fu} ؛

$\phi_{tr,ha}$ تغییر فاز ترانسدیوسر مرجع در f_{ha} ؛

f_{ha} / f_{fu} فاکتور تبدیل $\phi_{tr,ha}$ بر حسب f_{fu} است.

این تنظیم، هنگامی که هر دوی سیگنال ها فرانهاده شده اند، زوایای فاز صفر هم ارز ارتعاش روی میز تکاننده تولید خواهد کرد.

یادآوری۱- فرض می شود که تغییر فاز بر حسب بسامد پایین تر نمایش داده می شود. بنابراین $\phi_{tr,ha}$ باید با فاکتور f_{ha} / f_{fu} تبدیل شود. متناوبا تمام کمیت های فاز می توانند به منظور مقایسه یا ترکیب آن ها، به زمان های تاخیر فاز (تقسیم با $2\pi f$) تبدیل شوند. در این مورد، سنجه ی فاز بایستی سوئیچ شود تا زمان های تاخیر فاز را مستقیما نمایش دهد.

یادآوری۲- وسیله ی کنترل برای تغییر فاز می تواند بر دامنه ی نوسان تاثیر بگذارد و بالعکس. این امر را با عقب و جلو رفتن وارسی کنید و در صورت ضرورت، تنظیمات را دوباره انجام دهید. تغییرات میانه ی دامنه ی نوسان، تاثیر ناچیزی روی اندازه‌گیری های فاز خواهد داشت.

ت) با روشن کردن هر دوی S_{fu} و S_{ha}، تغییر دهنده ی فاز را برای حداقل نشانه ی PEAKHVM تنظیم کنید.

این امر بدین معنی است که بنیادی و هارمونیک در آشکارساز $PEAKHVM$ دارای زوایای فاز صفر هم ارز هستند؛ یعنی در فاز قرار دارند.

برای وارسی دامنه های نوسان، نشانه ی HVM را بخوانید؛ بایستی با ۰/۹۴۳ r_{fu}هم ارز باشد. فاز را به بیشینه نشانه ی HVM تغییر دهید، بایستی با ۱/۳۳۳ r_{fu}هم ارز باشد. به نشانه ی حداقل بازگردید.

ث) با خاموش کردن S_{fu}و روشن نمودن S_{ha}، از سنجه‌ی فاز ϕ_{ha+}بخوانید. تغییر فاز تکمیلی روی تغییردهنده ی فاز در مرحله ی ت) را محاسبه کنید؛ یعنی تفاوت:

[هر دو بر حسب f_{fu} , (از مرحله ی ث ϕ_{ha+},(از مرحله ی پ ϕ_{ha}] $\Delta\phi = \phi_{ha+} - \phi_{ha}$

تفاوت متناظر زمان تاخیر فاز را محاسبه کنید:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta\phi}{2\pi f_{fu}}$$

این مقدار با تفاوت بین زمان های تاخیر فاز ذاتی HVM در f_{ha} و f_{fu} هم ارز است.

ج) هر دو بسامد را با فاکتور۳ به بالا یا پایین تغییر دهید و مراحل ب) تا ث) را تکرار کنید تا کل گستره ی بسامد مشخص شده در این استاندارد با جفت های بسامد پوشش داده شود(برای مثال برای ارتعاش تمام بدن: $1Hz/3Hz,\ 3Hz/9Hz,\ 9Hz/27Hz,\ 27Hz/81Hz$)

چ) تفاوت های زمان تاخیر فاز مربوطه $\Delta\theta$ را با شروع از پایین ترین بسامد محاسبه کنید. توالی نتیجه شده ی تفاوت های محاسبه شده ی زمان تاخیر فاز در برابر بسامد، نماینده ی نمونه های گسسته ی تابع پیوسته (منحنی)، به جز برای زمان تاخیر فاز ثابت نامعلوم، یکسان برای هر نمونه خواهد بود.

ح) به منظور دست یافتن به نمونه های میانی، هر دو بسامد را با فاکتور $3^{0,2}$ (معادل ٪ ۹۵ از یک سوم اکتاو)به بالا یا پایین تغییر دهید و مراحل ب) تا چ) را تکرار کنید.

خ) مرحله ی ح) را چهار بار تکرار کنید، هر بار با توالی جدیدی از نمونه ها تمام کنید. هر پنج توالی را به هم متصل و توالی بزرگتری ایجاد کنید که بسامد های آن دارای فاصله ی مساوی روی درجه بندی لگاریتمی خواهد بود. زمان های تاخیر فاز مربوطه که آن ها نیز روی درجه بندی لگاریتمی کشیده شده اند، نوسان های سنگینی نشان خواهند داد که از زمان های تاخیر فاز ثابت نامعلوم برای هر کدام از توالی های اصلی نتیجه شده است.

د) منحنی (تابع) را صاف کنید، یعنی توالی های نمونه ها را با تنظیم زمان های تاخیر ثابت به دنبال یکدیگر به وسیله ی روش اجرائی مناسب، تراز کنید. این کار را می توان بصورت گرافیکی یا عددی انجام داد، برای مثال با تکرار، به حداقل رساندن طول منحنی چند پهلو که تمام نقاط نمونه ی مجاور یک جفت از توالی ها را در درجه بندی لگاریتمی دوتائی بهم وصل می کند.

ذ) تابع پاسخ بسامد نظری زمان تاخیر فاز را در برابر بسامد HVM از تغییرات فاز هدف طراحی مشخص شده در این استاندارد محاسبه کنید؛ یعنی مقادیر را با (۳۶۰ درجه ضربدر بسامد) به درجات تقسیم کنید.

قبل از تقسیم، تغییر فاز باید با ۱۸۰ درجه (با وارونگی سیگنال متناظر است) کاهش یابد تا از زمان های تاخیر فاز منفی اجتناب شود.

این امر با شاخه های اصلی توابع آرکتان متناظر است، در حالی که در جداول ب-۱ تا ب-۹ و در نمودارهای متناظر شکل های ب-۲ تا ب-۱۸ (فقط اعداد زوج) ۱۸۰ درجه افزوده شده است.

یادآوری- تغییر فاز ۱۸۰ درجه ی تمام اجزای بسامد، شکل موج سیگنال را بدون تغییر باقی می گذارد، اما در تلاش برای به کار گرفتن معیار CPD، نتایج فاجعه آمیزی به بار خواهد داشت. این یک تناقض نیست. زیرا معیار CPD تنها برای ارزیابی انحرافات غیرعمدی پاسخ فاز از هدف طراحی اش معرفی شده است، و برای وارونگی سیگنال قابل کاربرد نیست. وارونگی سیگنال شکل منحصر بفردی از پردازش سیگنال است و در مواردی که جهت ارتعاش برای نتیجه دارای اهمیت است(برای مثال طیف های پاسخ قله+ و قله-)، به روش اجرائی آزمون خاص خود نیاز دارد. در مورد این استاندارد این گونه نیست.

ر) توالی ترکیبی تمام نمونه هایی را که بصورت آزمایشی کسب شده اند، تا حد امکان با گراف تابع نظری مطابق با مرحله ی ذ) و با تنظیم تاخیر ثابت باقیمانده ی داده های آزمایشی، همانند مرحله ی د) تراز کنید.

این امر نسبتا ساده خواهد بود اگر پاسخ فاز رفتاری طبیعی داشته باشد. در این مورد، منحنی نمودار لگاریتمی دوتائی روی گستره ی بسامد وسیعی، نسبتا خطی خواهد بود. این امر در مورد تمام تابع های وزن دهی تعریف شده در این استاندارد صادق است.

ز) تابع پاسخ بسامد زمان تاخیر فاز HVM را که مطابق مرحله ی ذ) تراز شده است، دوباره به دامنه ی فاز تبدیل کنید(ضرب ۳۶۰ درجه در بسامد)، و تابع پاسخ بسامد تغییر فاز را جاری کنید.

س) معیار CPD (همان طور که در بند ح-۲-۱ تعریف شده است) را به تابع پاسخ بسامد تغییر فاز پیدا شده در مرحله ی ز) اعمال کنید. معیار CPD در رابطه با زمان تاخیر، تغییرناپذیر می باشد. بنابراین هر زمان تاخیر ثابت باقی مانده ای (به جز ۱۸۰ درجه) هیچ تاثیری بر نتیجه نخواهد داشت.

کتابنامه

[1] ISO 1683, Acoustics . Preferred reference quantities for acoustic levels

[2] ISO 10326-1, Mechanical vibration . Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration .

Part 1: Basic requirements

[3] IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP code)

[4] IEC 61260, Electroacoustics . Octave-band and fractional-octave-band filters

[5] IEC 61672-1, Electroacoustics . Sound level meters . Part 1: Specifications

[6] CISPR 16-1-1, Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods .

Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus; Measuring apparatus

[7] DIN 45662, Schwingungsmesseinrichtungen . Allgemeine Anforderungen und Prüfung

[8] PARKS T.W. and BURNS C.S. Digital filter design, John Wiley & Sons, New York, 1987