



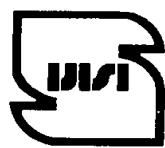
جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

INSO

20338

1st.Edition

2016



استاندارد ملی ایران

۲۰۳۳۸

چاپ اول

۱۳۹۴

شوک و ارتعاشات مکانیکی - اندازه‌گیری و
ارزیابی شوک‌های تکی منتقل شده از
ماشین‌های نگه داشته شده و هدایت شونده
با دست، به سیستم دست و بازو

**Mechanical vibration and shock
Measurement and evaluation of single
shocks transmitted from hand-held and
hand-guided machines to the hand-arm
system**

ICS: 13.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ 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 موسسهٔ 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند 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 بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندي آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسائل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاهای کالیبراسیون (واسنجی) وسائل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای 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

«شوك و ارتعاشات مکانیکی - اندازه‌گیری و ارزیابی شوک‌های تکی منتقل شده از ماشین‌های نگه داشته شده و هدایت شونده با دست، به سیستم دست و بازو»

سمت و / یا نمایندگی

عضو هیات علمی دانشگاه سمنان

رئیس :

خطیبی، محمد مهدی

(دکترای مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان سمنان

دبیر :

دخانیان، مطهره

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سازمان صنعت، معدن و تجارت استان
سمنان

آل بویه، حسن

(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

اداره کل استاندارد استان سمنان

بهروزفر، قاسم

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

کارشناس استاندارد

بینش، علی آقا

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

اداره کل استاندارد استان سمنان

حسن آبادی، احسان

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای شهرستان
سمنان

ذوالفقاری، مظفر

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

اداره کل کار، تعاون و رفاه اجتماعی

صحافی، حمید رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ب | آشنایی با سازمان ملی استاندارد |
| ج | کمیسیون فنی تدوین استاندارد |
| ۵ | پیش گفتار |
| و | مقدمه |
| ۱ | هدف و دامنه کاربرد |
| ۱ | مراجع الزامی |
| ۲ | اصطلاحات و تعاریف |
| ۳ | پارامترهایی برای توصیف شوک‌های تکی |
| ۸ | تجهیزات اندازه‌گیری |
| ۸ | فرآیند اندازه‌گیری |
| ۱۰ | گزارش اندازه‌گیری |
| ۱۱ | پیوست الف (الزامی) الزامات و روش‌های آزمون برای تجهیزات اندازه‌گیری |
| ۱۴ | پیوست ب (اطلاعاتی) توصیه‌ها و روش‌های آزمون برای تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال |
| ۱۶ | پیوست پ (اطلاعاتی) پارامترهای جایگزین برای توصیف شوک‌های تکی |
| ۱۷ | پیوست ت (اطلاعاتی) توصیه‌ها و روش‌های آزمون برای تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال |
| ۲۰ | پیوست ث (اطلاعاتی) فیلتر برای فرکانس وزنی W_h از استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ |
| ۲۳ | پیوست ج (اطلاعاتی) کتابنامه |

پیش گفتار

استاندارد «شوک و ارتعاشات مکانیکی - اندازه‌گیری و ارزیابی شوک‌های تکی منتقل شده از ماشین‌های نگه داشته شده و هدایت شونده با دست، به سیستم دست و بازو» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصدو شصت و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در موقع 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO/TS 15694:2004, Mechanical vibration and shock — Measurement and evaluation of single shocks transmitted from hand-held and hand-guided machines to the hand-arm system

اثرات تحریک‌های تکرار شونده از نوع شوکی بر سیستم دست- بازو کاملاً شناخته شده نیست. پیشینه تحقیق (به بندهای [۱۱] و [۱۶] کتابنامه رجوع کنید) نشان می‌دهد دانش کافی، برای ایجاد روش‌های برگرفته از استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ که بتواند برای ارزیابی ریسک سلامتی ناشی از بارگذاری نوع شوکی بر روی دست و بازو مورد استفاده قرار گیرد، وجود ندارد.

علیرغم کمبود دانش در این زمینه، مطلوب است روش‌هایی به منظور توصیف تحریک شوکی ماشین‌های نگه داشته شده و هدایت شونده با دست، استانداردسازی شود. هدف این استاندارد تعیین روش‌هایی:

- برای جمع‌آوری داده‌های سازگار با شوک‌های تکی منتقل شده به دست تحت شرایط تعریف شده و مطابق با معیارهای یکنواخت و

- فراهم کردن اطلاعات در مورد شوک ساطع شده از یک ابزار موتوری^۱، که اجازه مقایسه هدفمند ابزارهای موتوری مختلف را می‌دهد.

ابزارهای موتوری مانند میخزن‌ها، بستزن‌ها، منگنهزن‌ها و ابزارهای نشانه‌گذاری، باعث ایجاد مواجهه شوکی می‌شوند. آچارهای بکس و آچارچرخ‌ها شامل این استاندارد نمی‌شوند زیرا عمولاً این ابزارهای موتوری، شوک تکی ایجاد نمی‌کنند.

با این که روش‌هایی برای تفسیر اثرات بالقوه شوک‌های تکی بر انسان مطلوب است اما به دلیل کمبود دانش، در حال حاضر، گنجاندن این روش‌ها در یک استاندارد جایز نیست؛ انتظار می‌رود در آینده این حوزه‌ها نیز گنجانده شود.

خصوصیات ذکر شده برای به کار گیری تجهیزات در استاندارد ENV 28041 جهت اندازه‌گیری شوک‌های تکی، پاسخ فاز یا پاسخ فرکانسی مسطح را به اندازه کافی توصیف نمی‌کند.

۱- ابزار موتوری (Power tool) شامل کلیه ابزارهایی است که نیروی محرک آن برقی، پنوماتیکی، هیدرولیکی و غیره می‌باشد.

شوک و ارتعاشات مکانیکی- اندازه‌گیری و ارزیابی شوک‌های تکی منتقل شده از ماشین-های نگه داشته شده و هدایت شونده با دست به سیستم دست و بازو

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای اندازه‌گیری شوک‌های تکی، روی دستگیره‌(های) ماشین-های نگه داشته شده و هدایت شونده با دست بوده که بیشینه نرخ ضربه آن‌ها کمتر از ۵Hz می‌باشد.

یادآوری- به منظور توصیف خصوصیات شوک‌های تکی، این استاندارد کمیت‌هایی را که قبلاً در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ برای ارزیابی ارتعاش منتقل شده به دست تعیین شده است، تعریف می‌کند.

این استاندارد همچنین الزامات بیشتری را برای تجهیزات اندازه‌گیری که برای ارزیابی شوک‌ها ضروری است، تعیین می‌کند (پیوست‌های الف، ب، ت و ث را ببینید).

هدف تسهیل جمع‌آوری داده‌های حاصل از انتشار و مواجهه انسان به منظور فراهم آوردن پایه‌ای برای نحوه انتشار و تکامل معیار ریسک مواجهه در آینده می‌باشد. هرچند، این استاندارد روش‌هایی را برای تفسیر اثرات بالقوه شوک‌های تکی بر انسان، فراهم نمی‌کند.

در نتیجه این استاندارد برای اندازه‌گیری و ارزیابی انتشار شوک‌های تکی از ماشین‌آلات نگه داشته شده و هدایت شونده با دست کاربرد داشته، اما برای ارزیابی مواجهه انسان کاربرد ندارد

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 جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود .

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱۷۷-۱: سال ۱۳۹۳، ارتعاشات مکانیکی- اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست- قسمت ۱: الزامات عمومی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱۷۷-۲: سال ۱۳۹۴، ارتعاشات مکانیکی- اندازه‌گیری و ارزیابی مواجهه انسان با ارتعاش منتقل شده به دست- قسمت ۲: راهنمای عملی برای اندازه‌گیری در محل کار

- 2-3** EN 1033, Hand-arm vibration- Laboratory measurement of vibration at the grip surface of hand-guided machinery - General
- 2-4** ENV 28041, Human response to vibration - Measuring instrumentation (ISO 8041:1990)
- 2-5** CEN ISO/TS 8662-11, Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 11: Fastener driving tools (nailers) (ISO 8662-11:1999 + Amd. 1:2001)
- 2-6** ISO 5348, Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers

یادآوری- استاندارد ملی شماره ۱۱۸۰۲: سال ۱۳۸۷، ارتعاش مکانیکی و شوک- نصب مکانیکی شتاب‌سنج‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 5348:1998 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در بند ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱۷۷-۱ و بند ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۱۷۷-۲، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۱-۳

Single shock

شوک تکی

شتاب لحظه‌ای ناگهانی

یادآوری ۱- تاریخچه زمانی شتاب شوک تکی شامل افزایش تا مقدار قله است (به بند ۷-۴ مراجعه شود)، که با کاهشی در پوش^۱ شتاب ادامه پیدا می‌کند.

یادآوری ۲- شوک تکی با سایر کمیت‌های فیزیکی نیز می‌تواند تعریف شود، به عنوان مثال نیرو یا توان مکانیکی منتقل شده به سیستم دست- بازو. اگرچه با توجه به ملاحظات عملی اندازه‌گیری، منحصرًا از تعریف بر حسب شتاب استفاده شده است (به پیوست پ نیز مراجعه شود).

مثال- ابزارهای موتوری که شوک‌های تکی یا ارتعاش تک شوک ایجاد می‌کنند میخزن‌ها، بستزن‌ها، منگنهزن‌ها، ابزارهای نشانه- گذاری و مانند آن هستند. این ابزارهای موتوری یک شتاب ناگهانی زیاد در زمانی کوتاه (به عنوان مثال ۱۰ میلی ثانیه) ایجاد می- کنند. فاصله زمانی بین دو شوک بسیار بیشتر از زمان خود شوک می‌باشد (به عنوان مثال بیشتر از ۲۰۰ میلی ثانیه).

۲-۳

Single- shock vibration

ارتعاش حاصل از شوک تکی

مجموعه‌ای از شوک‌های تکی که با یک دوره زمانی با شتاب صفر از هم جدا می‌شوند.

مثال- مثال بند ۱-۳ را بینید.

۳-۳

Repetition time

زمان تکرار

T_{rep}

فاصله زمانی بین دو شوک تکی متوالی

۴-۳

Strike rate

نرخ ضربه

f_0

برای زمان تکرار ثابت T_{rep} ، معکوس زمان ثابت، یعنی:

۵-۳

$flat_h$

بیانگر شتاب بدون وزن در باند محدود است که در بند ۲-۴ و پیوست ت مشخص شده است.

۴

پارامترهایی برای توصیف شوک‌های تکی

۱-۴

شتاب

کمیت پایه برای توصیف شوک‌های تکی شتاب $(t)_a$ است که مبنای همه پارامترهای استفاده شده در این استاندارد می‌باشد.

یادآوری - برای استفاده از سرعت ارتعاش به منظور توصیف شوک‌های تکی، پیوست پ را ببینید.

۲-۴ شتاب وزن یافته $Flat_h$

شتاب وزن یافته $Flat_h$ که با $(t)_{hF}^a$ نشان داده می‌شود، شتاب باند محدود در باند فرکانسی 6.3 Hz تا 1250 Hz می‌باشد. فیلتر برای $flat_h$ وزنی در پیوست ت مشخص شده است.

یادآوری ۱ - این باند فرکانسی با اکتاو باندهای 8 Hz تا 1000 Hz منطبق است. در برخی موارد که یک باند گذر عریض‌تر مورد نیاز است، توصیه می‌گردد تغییرات با اندازه‌گیری مقادیر گزارش شود.

یادآوری ۲ - $flat_h$ وزنی با پاسخ‌های مسطحی که غالباً روی تجهیزات اندازه‌گیری با یک باند فرکانسی و پاسخ فاز تعریف شده ایجاد می‌شود، تفاوت دارد.

یادآوری ۳ - شتاب وزن یافته در این استاندارد به معنی شتاب باند محدود در باند فرکانسی با یک فرکانس گوششی پایین گذر^۱ بیشتر از 1250 Hz می‌باشد.

۳-۴ مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۲-۴، مقدار جذر میانگین مربعات (r.m.s) مقدار $a_{hF}(t)$ در بازه زمانی T به صورت فرمول (۱) داده می‌شود:

$$a_{hF,RMS,T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_{hF}^2(t) dt} \quad (1)$$

این عبارت مقدار میانگین انرژی معادل سیگنال را توصیف می‌کند. یک زمان ثابت تعیین شده انتگرال-گیری ($T = 3\text{ s}$) امکان مقایسه نتایج اندازه‌گیری مختلف را ایجاد و به کاربر ابزار، برای دستیابی به قابلیت تجدیدپذیری، کمک می‌کند. تجربه نشان داده است که $T=3\text{ s}$ یک انتخاب خوب بین زمان عکس‌العمل کاربر و کوتاه‌ترین زمان انتگرال‌گیری عملی مورد نیاز می‌باشد. به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، میانگین‌گیری از این نتایج بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود (بند ۳-۶ را ببینید).

۴-۴ مقدار جذر میانگین مربعات متحرک شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۲-۴، مقدار جذر میانگین مربعات متحرک مقدار $a_{hF}(t)$ در زمان مشاهده t ، به صورت فرمول (۲) داده می‌شود:

$$a_{hF,RRMS,\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t a_{hF}^2(\xi) e^{-\frac{|t-\xi|}{\tau}} d\xi} \quad (2)$$

که در آن:

زمان مشاهده (زمان واقعی) می‌باشد t

متغیر انتگرال می‌باشد ξ

ثابت زمانی مشخص شده می‌باشد. بهتر است ثابت زمانی $\tau = 0.125\text{ s}$ انتخاب شود.

به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، میانگین‌گیری از این نتایج بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود (بند ۳-۶ را ببینید).

یادآوری ۱- تابع میانگین نمایی، رفتار بسیاری از فرآیندهای طبیعی را توصیف می‌کند. این تابع می‌تواند با پردازش سیگنال بسیار ساده دیجیتال یا آنالوگ تولید شود. مقدار شتاب متحرک r.m.s حقیقی، به وسیله انتگرال‌گیری خطی روی یک بازه زمانی اجرا با طول ثابت، به دست می‌آید که از لحاظ ریاضی ساده‌تر به نظر می‌آید ولی در واقع رسیدن با تجهیزات آنالوگ بدون هیچ مزیتی دشوارتر است.

یادآوری ۲- سایر استانداردها ترجیح می‌دهند میانگین خطی مقدار جذر میانگین مربعات متحرک را از فرمول زیر به دست آورند:

$$a_{hF,RRMS,\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t a_{hF}^2(\xi) d\xi}$$

۵-۴ مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۲-۴، مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم (r.m.q) مقدار $a_{hF}(t)$ در بازه زمانی T به صورت فرمول (۳) داده می‌شود:

$$a_{hF,RMQ,T} = \sqrt[4]{\frac{1}{T} \int_0^T a_{hF}^4(t) dt} \quad (3)$$

این مقدار نیز مانند مقدار جذر میانگین مربعات که در بند ۳-۴ داده شده است، مقدار میانگین سیگنال را توصیف می‌کند. اگرچه، در میانگین r.m.q تاثیر اندازه‌های بزرگتر نسبت به r.m.s قوی‌تر است. یک زمان ثابت تعیین شده ($T = 3\text{ s}$) امکان مقایسه نتایج اندازه‌گیری مختلف را ایجاد و به کاربر ابزار، برای دستیابی به قابلیت تجدیدپذیری، کمک می‌کند. تجربه نشان داده است که $T=3\text{ s}$ یک انتخاب خوب بین زمان عکس‌عمل کاربر و کوتاه‌ترین زمان انتگرال‌گیری عملی مورد نیاز می‌باشد. به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، میانگین‌گیری از این نتایج بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود (بند ۳-۶ را ببینید).

۶-۴ بیشینه مقدار ارتعاش گذراش شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۴-۴، بیشینه مقدار ارتعاش گذرا (MTVV) در بازه زمانی T ، بیشترین مقدار (t) می‌باشد که به صورت فرمول (۴) داده می‌شود:

$$a_{hF,MTVV,\tau} = \max_{0 \leq t \leq T} \{a_{hF,RRMS,\tau}(t)\} \quad (4)$$

به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، گرفتن صدک پنجاهم این مقدار بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود.

۷-۴ مقدار قله شتاب وزن یافته flat_h

برای هر بازه زمانی مشخص شده $0 \leq t \leq T$ ، مقدار قله (PV) از $a_{hF}(t)$ بیشترین مقدار مطلق لحظه‌ای می‌باشد که با فرمول (۵) داده می‌شود:

$$a_{hF,PV} = \max_{0 \leq t \leq T} \{|a_{hF}(t)|\} \quad (5)$$

این کمیت برای توصیف بالاترین سطح سیگنال استفاده می‌شود. به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، گرفتن صدک پنجاهم این مقدار بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود.

۸-۴ ضریب اوج^۱ شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از کمیت‌های داده شده در بندهای ۳-۴ و ۷-۴، ضریب اوج شتاب وزن یافته flat_h، که با CF_h نشان داده می‌شود، از تقسیم مقدار قله شتاب وزن یافته flat_h بر مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته flat_h که در بازه زمانی یکسان T اندازه‌گیری شده‌اند، به دست می‌آید:

$$CF_h = \frac{a_{hF, PV}}{a_{hF, RMS, T}} \quad (6)$$

این کمیت مقدار قله سیگنال را با مقدار معادل انرژی r.m.s ترکیب کرده و در نتیجه میزان ضربه زنی^۲ سیگنال وزن یافته flat_h را توصیف می‌کند.

۹-۴ خارج قسمت مقدار شوک^۳ شتاب وزن یافته flat_h

با استفاده از کمیت‌های داده شده در بند ۳-۴ و ۴-۵، خارج قسمت مقدار شوک شتاب وزن یافته flat_h، که با SC_h نشان داده می‌شود، از تقسیم مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم شتاب وزن یافته flat_h بر مقدار جذر میانگین مربعات آن که در بازه زمانی یکسان T اندازه‌گیری شده‌اند، به دست می‌آید:

$$SC_h = \frac{a_{hF, RMQ, T}}{a_{hF, RMS, T}} \quad (7)$$

این کمیت نیز میزان ضربه زنی سیگنال را توصیف می‌کند.

۱۰-۴ شتاب وزن یافته W_h

خصوصیات فرکانس وزنی^۴ W_h، استفاده شده برای اندازه‌گیری و ارزیابی ارتعاش منتقل شده به دست، در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ تعریف شده و عیناً در پیوست ث این استاندارد آورده شده است. شتاب وزن یافته W_h با (t) نشان داده می‌شود.

یادآوری ۱ - (t) را می‌توان از a_{hw}(t) (بند ۲-۴) با اعمالتابع انتقال شتاب-سرعت (a-v-transition) به دست آورد. این تابع برای فرکانس‌های بالای ۱۶ هرتز، شتاب را به سرعت تبدیل می‌کند.

1 - Crest factor

2 - Impulsiveness

3 - Shock content quotient

۴- منظور از فرکانس وزنی (Frequency weighting)، اعمال ضرایب وزنی متفاوت به یک تابع دلخواه در محدوده فرکانسی مشخص می‌باشد.

یادآوری ۲- اگرچه فرکانس وزنی داده شده در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ در اصل برای ارزیابی ارتعاشات دوره‌ای و اتفاقی یا غیر دوره‌ای تعریف شده است، استاندارد مذکور بیان می‌کند که ممکن است موقتاً «برای تحریک شوک تکرار شونده (ضربه) نیز به کار می‌رود.» به علاوه، استفاده از فرکانس وزنی W_h اجازه مقایسه داده‌های موجود را می‌دهد. علاوه بر این، اندازه‌گیری پارامترها براساس (t) می‌تواند تجدیدپذیری بیشتری داشته باشد، زیرا مولفه‌های فرکانس بالای مشکل‌ساز تضعیف می‌شوند.

انتخاب این نوع چینش در این استاندارد (وزنی W_h ، پس از آن وزنی W_h) به معنی برتری قبلی نیست.

۱۱-۴ مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته W_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۱۰-۴، مقدار جذر میانگین مربعات (t) در بازه زمانی T به این شکل داده می‌شود:

$$a_{hW,RMS,T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_{hW}^2(t) dt} \quad (8)$$

این عبارت مقدار میانگین انرژی معادل سیگنال را توصیف می‌کند. یک زمان ثابت تعیین‌شده انتگرال‌گیری ($T = 3\text{ s}$) امکان مقایسه نتایج اندازه‌گیری مختلف را ایجاد و به کاربر ابزار، برای دستیابی به قابلیت تجدیدپذیری، کمک می‌کند. تجربه نشان داده است که $T=3\text{ s}$ یک انتخاب خوب بین زمان عکس‌العمل کاربر و کوتاه‌ترین زمان انتگرال‌گیری عملی، مورد نیاز می‌باشد. به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، میانگین‌گیری از این نتایج بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود (بند ۳-۶ را ببینید).

۱۲-۴ مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم شتاب وزن یافته W_h

با استفاده از مقدار تعریف شده در بند ۱۰-۴، مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم (t) در بازه زمانی T به این شکل داده می‌شود:

$$a_{hW,RMQ,T} = \sqrt[4]{\frac{1}{T} \int_0^T a_{hW}^4(t) dt} \quad (9)$$

این مقدار نیز مانند مقدار جذر میانگین مربعات، که در بند ۱۱-۴ داده شده است، مقدار میانگین سیگنال را توصیف می‌کند. اگرچه، در میانگین r.m.q تاثیر اندازه‌های بزرگ‌تر نسبت به r.m.s قوی‌تر است. یک زمان ثابت تعیین شده ($T = 3\text{ s}$) امکان مقایسه نتایج اندازه‌گیری مختلف را داده و به کاربر ابزار، برای دستیابی به قابلیت تجدیدپذیری، کمک می‌کند. تجربه نشان داده است که $T=3\text{ s}$ یک انتخاب خوب بین زمان عکس‌العمل کاربر و کوتاه‌ترین زمان انتگرال‌گیری عملی مورد نیاز می‌باشد. به منظور افزایش سطح اطمینان از نتایج، میانگین‌گیری از این نتایج بر روی یک سری از شوک‌های تکی توصیه می‌شود (بند ۳-۶ را ببینید).

۱۳-۴ خارج قسمت مقدار شوک شتاب وزن یافته W_h

با استفاده از آنچه در بند ۱۱-۴ و ۱۲-۴ مشخص شده است، خارج قسمت مقدار شوک (t) a_{hw} از مقادیر ریشه چهارم میانگین توان چهارم و مقدار جذر میانگین مربعات، که در بازه زمانی یکسان T اندازه‌گیری شده‌اند، استخراج شده است:

$$SC_{hw} = \frac{a_{hw,RMQ,T}}{a_{hw,RMS,T}} \quad (10)$$

این کمیت میزان ضربه زنی سیگنال فرکانس وزن یافته W_h را توصیف می‌کند.

۵ تجهیزات اندازه‌گیری

تا زمانی که باند فرکانسی پاسخ مسطح ابزار مطابق بند ۲-۴ تعریف می‌شود، مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته $flat_h$ و شتاب وزن یافته W_h ، که در بند ۳-۴ و ۱۱-۴ با زمان انتگرال گیری $T=3s$ تعریف شده، می‌تواند با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری مطابق با استاندارد ENV 28041 تعیین شود. برای ارزیابی سایر پارامترها، شتاب باید با تجهیزاتی که با الزامات پیوست الف مطابقت دارد، اندازه‌گیری شود (برای تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال، به پیوست ب نیز مراجعه شود).

یادآوری - الزامات داده شده در پیوست الف فراتر از الزامات مشخص شده در استاندارد ENV 28041 می‌باشد.

اگر فیلترهای مکانیکی استفاده شود، در عمل، برآورده ساختن الزامات کلیه پیوست‌ها مشکل خواهد بود.

۶ فرآیند اندازه‌گیری

۱-۶ نصب شتاب‌سنج‌ها

برای اندازه‌گیری مقادیر وزن یافته $flat_h$ ، به خصوص مقادیر قله، شتاب‌سنج باید به صورت صلب نصب شود تا پاسخ فرکانسی یکنواختی در بازه فرکانسی ۶.۳ Hz تا ۱۲۵۰ Hz داشته باشد. راهنمایی برای نصب مکانیکی شتاب‌سنج در استاندارد ملی شماره ۱۱۸۰۲ داده شده است که باید دنبال شود.

برای در نظر گرفتن اثرات روکش الاستیک دسته، شتاب باید در محل تماس بین ابزار موتوری و دست اپراتور، به وسیله یک آداتپور مناسب اندازه‌گیری شود. در این مورد، باید توجه ویژه‌ای به مشکلات اندازه‌گیری ناشی از رزونانس تماس داشت.

برای اندازه‌گیری شتاب وزن یافته W_h به تنهایی، راهنمای نصب شتاب‌سنج که در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۲ داده شده است، باید دنبال شود.

در صورت نیاز، فیلترهای مکانیکی در هنگام اندازه‌گیری شتاب جذر میانگین مربعات (وزن یافته flat_h یا وزن یافته W_h) ممکن است به کار رود. با این حال، هنگامی که مقادیر قله، مقادیر r.m.q یا پارامترهای استخراج شده از آن تعیین می‌شود، استفاده از فیلترهای مکانیکی ممکن است ایجاد خطأ کند و توصیه نمی‌شود.

یادآوری ۱- برخی از انواع چسب‌ها، مانند آنچه برای کرنش‌سنجهای سیمی استفاده می‌شود، نه تنها برای ثابت کردن به کار می‌رود بلکه طوری طراحی شده است که در برابر بارهای دینامیک، مقاومت کند.

یادآوری ۲- در مورد دستگیرهای با پوسته پلاستیک، بهتر است جرم کوپل شده با شتاب‌سنجد شامل آداتور، کوچک باشد و حتی امکان جرم کمی داشته باشد. توصیه می‌شود جرم آن کمتر از 12g باشد.

یادآوری ۳- اثر کوپل شدن شتاب‌سنجد بر نتایج اندازه‌گیری، با استفاده از ارتعاش‌سنجهای لیزری می‌تواند تعیین شود. برای کاربرد عمومی، هرچند، کاربرد ارتعاش‌سنجهای لیزری ممکن است هزینه‌بر یا غیرعملی باشد.

۲-۶ جهت شتاب‌سنجهای

شتتاب‌سنجهای باید در جهت تحریک اصلی قرار گیرد. در مواردی که جهت اصلی تحریک، به وضوح مشخص نباشد، اندازه‌گیری در سه محور متعامد باید صورت گیرد.

یادآوری- جهت نادرست، به دلیل حساسیت عرضی شتاب‌سنجهای موجب نتایج غلط می‌شود. حساسیت‌های تعیین شده با سیگنال‌های سیکلی برای این کاربرد اعتبار ندارند.

۳-۶ روش کار

برای تشخیص شوک ناشی از روش عملیاتی که ابزار موتوری ایجاد می‌کند، ضروری است فرآیند، به مناسب‌ترین شکل سازماندهی شود تا تاثیر کاربر ابزار موتوری به حداقل برسد.

برای انجام اندازه‌گیری استفاده از یک سری n_{sh} (به عنوان مثال $n_{sh}=10$) شوک‌های منحصر به فرد یا شوک‌های تکی مجاز می‌باشد. در مواردی که زمان تکرار می‌تواند تغییر کند، از زمان تکرار ($T_{rep}=3s$) باید استفاده شود. هنگام اندازه‌گیری با شوک‌های تکی، دوره اندازه‌گیری ($T=3s$) باید استفاده شود.

در مواردی که اندازه‌گیری با یک سری شوک انجام می‌شود، پارامترهای جذر میانگین مربعات و ریشه چهارم میانگین توان‌های چهارم می‌تواند به عنوان میانگین حسابی سری‌ها تعیین شود.

گزارش باید شامل اطلاعات مرتبطی باشد که در استانداردهای CEN ISO/TS 8662-11، EN 1033 استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ تعیین شده، است. علاوه بر این، موارد زیر باید مستند شود:

- الف- شناسایی جهت اصلی تحریک؛
- ب- توصیف دقیق کوپل شدن شتاب‌سنج؛
- پ- جرم شتاب‌سنج‌ها و متعلقات آن (فیلترهای مکانیکی، آداپتورها و غیره)؛
- ت- تعداد شوک‌های حین اندازه‌گیری (n_{sh})؛
- ث- مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته $flat_h$ با $T=3s$ ؛($a_{hF,RMS,3}$)
- ج- مقدار جذر میانگین مربعات شتاب وزن یافته W_h با $T=3s$.($a_{hw,RMS,3}$)
- اطلاعات زیر اختیاری می‌باشد:
- چ- ضریب اوج شتاب وزن یافته $flat_h$ با $T=3s$ ؛(CF_h)
- ح- مقدار قله شتاب وزن یافته $flat_h$ ،($a_{hF,PV}$)
- خ- خارج قسمت مقدار شوک شتاب وزن یافته $flat_h$ با $T=3s$ ؛(SC_h)
- د- خارج قسمت مقدار شوک شتاب وزن یافته W_h با $T=3s$ ؛(SC_{hW})
- ذ- بیشینه مقدار ارتعاش گذرای شتاب وزن یافته $flat_h$ و ثابت زمانی τ ؛($a_{hF,MTIVV,\tau}$)
- ر- مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم شتاب وزن یافته $flat_h$ با $T=3s$ ؛($a_{hF,RMQ,3}$)
- ز- مقدار ریشه چهارم میانگین توان چهارم شتاب وزن یافته W_h با $T=3s$.($a_{hw,RMQ,3}$)
- یادآوری ۱- فهرست پارامترهای بالا جامع نیست. برای اهداف تحقیقاتی، ممکن است لازم باشد پارامترهای دیگری اضافه شود.
- یادآوری ۲- ثبت کل تاریخچه زمانی شتاب برای تحلیل مجدد در آینده، توصیه می‌شود.

پیوست الف

(الزامی)

الزامات و روش‌های آزمون برای تجهیزات اندازه‌گیری

الف-۱ کلیات

اگر تاریخچه زمانی یا مقدار قله سیگنال اندازه‌گیری شود، علاوه بر دامنه پاسخ فرکانسی، ضروری است فاز پاسخ فرکانسی تجهیزات مشخص (و آزمون) شود. از آنجایی که در این استاندارد تجهیزات ارتعاش انسان حذف شده است (ENV 28041)، چنین مشخصات و رویه‌های آزمونی در این پیوست داده شده است.

فیلتر محدودکننده باند، باید از یک فیلتر پایین‌گذر و بالاگذر مرتبه دوم با خصوصیات باترورث تشکیل شده باشد. فرکانس‌های قطع برای فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر، باید به ترتیب 6.3Hz و 1250Hz باشد.

برای تعیین الزامات، سه بازه فرکانسی معرفی می‌شود:

بازه ۱: بازه فرکانس داخلی، از دو سوم اکتاو بالای پایین‌ترین فرکانس محدوده باند تا دو سوم اکتاو زیر بالاترین فرکانس محدوده باند (یعنی 10Hz تا 800Hz)، به جز فرکانس مرجع (80Hz)

بازه ۲: محدوده مرزی بالای و پایینی در فاصله دو سوم اکتاو باند در هر طرف از محدوده‌های باند فرکانسی (یعنی 4Hz تا 800Hz و 2000Hz تا 800Hz)

بازه ۳: بازه‌های خارج از بازه ۱ و بازه ۲.

الف-۲ فاز پاسخ فرکانسی

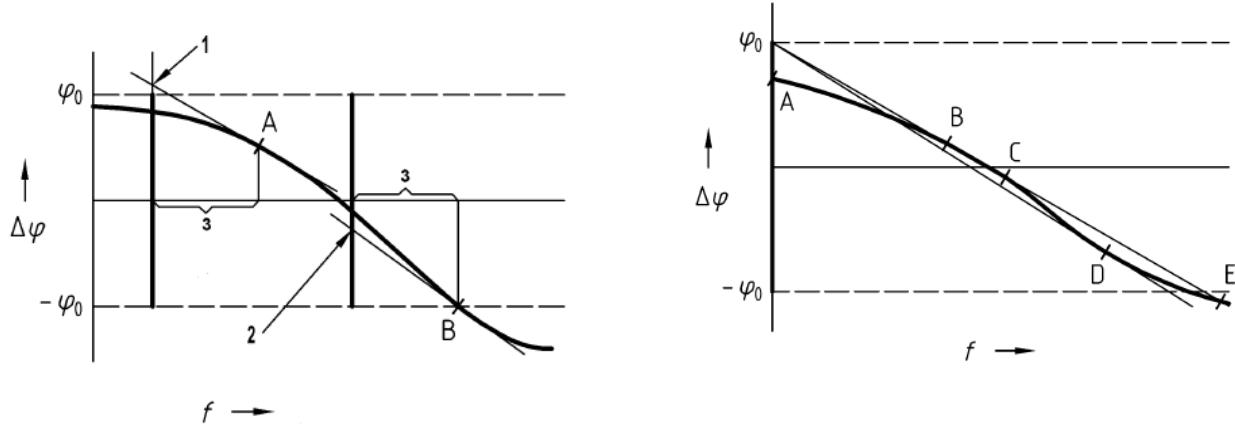
ایجاد یک فاز پاسخ فرکانسی خطی ایده‌آل، در عمل امکان پذیر نیست. به همین دلیل، معیارهای زیر ارائه می‌شود (برای روش آزمون فاز پاسخ فرکانسی تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال، به پیوست ب مراجعه شود).

الزاماتی برای محدود کردن انحراف مقدار قله ΔPV_{\max} در شکل الف-۱ نشان داده شده است. اختلاف $\Delta \varphi$ بین زاویه فاز حقیقی φ_{act} و زاویه فاز اسمی φ_{nom} باید مطابق الزامات زیر انجام شود. مقادیر مشخصه φ_0 و بیشینه انحراف مقدار قله ΔPV_{\max} در جدول الف-۱ داده شده است.

تفسیر معیارها در ادامه آمده است:

الف- اگر انحراف $\Delta \varphi = \varphi_{act} - \varphi_{nom}$ رسم شود، همه خطوط مماس بر منحنی، باید محور φ را بین φ_0 و $\varphi_0 + \varphi$ قطع کنند (معیار مماس الف).

ب- اگر انحراف $\Delta \varphi = \varphi_{act} - \varphi_{nom}$ رسم شود، بیشینه فاصله خط مماس با منحنی، اگر بر روی فرکانس به اندازه 1.44 اکتاو (1/e مرتبه) از نقطه تماس فاصله بگیریم، نباید مقداری بیش از $\varphi_0 \pm$ داشته باشد (معیار مماس ب).



راهنمای:

- ۱ در A، معیار مماس ب برآورده نمی‌شود
 - ۲ در B، معیار مماس ب برآورده می‌شود
 - ۳ ۱.۴۴ اکتاواها
فرکانس (f) لگاریتمی
- (ب) برای محور فرکانسی لگاریتمی

A-B,D-E: معیار مماس الف برآورده شده است

B-C: محدوده حداقل استفاده از ترانزیستورها

C-D: معیارهای مماس برآورده شده است زیرا شیب منحنی خیلی

زیاد است (هنگامی که نسبت فرکانس‌های نقاط E و C کمتر از ۳ به

۱ است، میزان انحراف از معیار الف کم می‌باشد)

الف) برای محور فرکانس خطی

شکل الف۱- نمایش معیارهای مماس برای محدوده خطای مجاز پاسخ فاز

پیش‌نیازها برای چنین آزمون فازی پاسخ عبارتند از:

- روشی برای بررسی مستقیم سیگنال، قبل از بروز مقدار قله و
- آشکارساز نباید تاثیری بر روی انحراف اندازه‌گیری داشته باشد.

یادآوری- فاز پاسخ فرکانسی به طور غیرمستقیم با دامنه پاسخ فرکانسی، از طریق تابع پاسخ فرکانسی مختلط تعیین می‌شود، که به نوبه خود به عملکرد - و قابلیت- پیش‌نیازهای مرتبط بستگی دارد. یک زاویه تغییر فاز که با فرکانس متناسب است (تا خیر گروهی ثابت) با هیچکدام از عملکرد یا هزینه، قابل توجیه نخواهد بود.

هنگام آزمایش فاز پاسخ با توجه به معیارهای بالا، فرکانس نباید در گام‌هایی با حداقل یک سوم اکتاو، که مماس‌ها از نقاط نزدیک به منحنی عبور می‌کنند، تغییر کند.

به جای آن، سایر مشخصات می‌تواند برای آزمون ضمنی فاز پاسخ به وسیله مقادیر قله اسمی تئوری فراهم شود که انتظار می‌رود بعد از پاسخ فرکانس اسمی مختلط و محدودیت‌های خطای قابل پیش‌بینی برای سیگنال‌های آزمون مکانیکی مشخص که محتوای هارمونیک دارند، ارائه شود.

جدول الف-۱- مقادیر مشخصه φ_0 برای معیار مماس الف و ب و بیشینه انحراف مقدار تقریبی قله ΔPV_{\max}

| ΔPV_{\max} | بیشینه انحراف مقدار قله | مقادیر مشخصه φ_0 | |
|--------------------|-------------------------|--------------------------|--------|
| $\pm 5\%$ | | 6^0 | بازه ۱ |
| $\pm 10\%$ | | 12^0 | بازه ۲ |
| تعیین نشده | | تعیین نشده | بازه ۳ |

الف-۳ دامنه پاسخ فرکانسی

با شروع از فرکانس مرجع که خطای آن در تعریف، صفر است، دامنه پاسخ‌های فرکانسی واقعی و اسمی باید در یک محدوده خطای داده شده به صورت فرمول (الف-۱) قرار گیرد:

$$1 - \frac{G_u}{100\%} \leq \frac{R(f)}{R(f_r)} \cdot \frac{M(f_r)}{M(f)} \cdot \frac{H(f_r)}{H(f)} \leq 1 + \frac{G_0}{100\%} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

فرکانس، f

فرکانس مرجع، f_r

مقدار جذر میانگین مربعات ورودی مکانیکی، M

مقدار جذر میانگین مربعات عکس العمل تجهیزات و R

دامنه پاسخ فرکانسی اسمی است. H

و G_0 و G_u به ترتیب حد پایین و بالای خطای از جدول الف-۲ می‌باشد.

جدول الف-۲- محدوده خطای برای دامنه پاسخ فرکانسی

| محدوده خطای | | فرکانس مرجع |
|-------------|-------|-------------|
| G_u | G_0 | |
| 0 | 0 | فرکانس مرجع |
| 5% | 5% | بازه ۱ |
| 10% | 10% | بازه ۲ |
| 100% | 20% | بازه ۳ |

یادآوری- در این بازه‌ها، هر جا باند محدود فعال باشد، خطاهای تاثیرگذاری دارند، در نتیجه محدودیت خطای در بازه ۳ به طور نسبی وسیع‌تر است.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

توصیه‌ها و روش‌های آزمون برای تجهیزات اندازه‌گیری دیجیتال

ب-۱ کلیات

به طور کلی الزامات استاندارد ENV با افروden موارد زیر اعمال می‌شود: به منظور اندازه‌گیری یکنواخت مقادیر قله (PV) یا مقادیر توان چهارم (r.m.q) لازم است پاسخ فرکانسی تغییر فاز (فاز پاسخ فرکانسی) تجهیزات اندازه‌گیری علاوه بر دامنه پاسخ فرکانسی آن‌ها استاندارد شود. مشابه این امر برای اندازه‌گیری حداکثر مقادیر جذر میانگین مربعات متحرک (MTVV) با ثابت زمانی کوتاه انجام می‌شود.

ب-۲ فاز پاسخ فرکانسی

هدف طراحی برای فاز پاسخ فرکانسی، تعیین ضمنی به وسیله تابع انتقال مختلط تعریف شده در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷-۱ می‌باشد. هدف طراحی برای مقادیر وزن‌یافته فرکانس به طور صریح با معادله (ب-۱) داده می‌شود. برای مقادیر وزن‌یافته flat_h (یعنی فقط محدودیت باند، بند ۴-۲)، دو جمله آخر بهتر است حذف شود.

$$\varphi(f) = \arctan \left(\frac{\frac{f_1}{f} \cdot \sqrt{2}}{1 - \left(\frac{f_1}{f} \right)^2} \right) - \text{arc} \left(\frac{\frac{f}{f_2} \cdot \sqrt{2}}{1 - \left(\frac{f}{f_2} \right)^2} \right) + \arctan \left(\frac{f}{f_3} \right) - \arctan \left(\frac{\frac{f}{f_3} \cdot Q_2}{1 - \left(\frac{f}{f_3} \right)^2} \right) \quad (\text{ب-۱})$$

که تا f_1 و Q_2 در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷-۱ تعریف شده است.

یادآوری ۱- یک ابزار اندازه‌گیری (شامل ترنسدیوسر) که برای برآورده کردن الزامات برای دامنه پاسخ فرکانسی با حداقل مدارات آنالوگ طراحی شده است، به طور خودکار فاز پاسخ فرکانسی صحیحی خواهد داشت. در مورد فیلترهای دیجیتال این فاز پاسخ فرکانسی می‌تواند تخمین زده شود. انتظار رفتار خطی فاز پاسخ مناسب نیست.

برای تجهیزات اندازه‌گیری تحت آزمون، انحراف فاز پاسخ فرکانسی $\Delta\varphi(f)$ از هدف طراحی $\varphi(f)$ باید در بازه‌های فرکانسی کوچک‌تر از یک سوم اکتاو تعیین شود. برای هر فرکانس مجزای f_n ، انحراف فاز $\Delta\varphi(f_n)$ با معادله (ب-۲) به انحراف فاز مشخصه $\Delta\varphi_0(f_n)$ تبدیل می‌شود که با حداکثر انحراف مقدار قله ΔPV_{\max} در ارتباط است که بر طبق معادله (ب-۳) به صورت نتایج عددی تقریب زده شده و فقط برای مقادیر کوچک $\Delta\varphi_0$ اعمال می‌شود ($<30^\circ$).).

$$\Delta\varphi_0(f_n) = \left| \frac{f_{n+1} \cdot \Delta\varphi(f_n) - f_n \cdot \Delta\varphi(f_{n+1})}{f_{n+1} - f_n} \right| \quad (\text{ب-۲})$$

$$\Delta PV_{\max} = \pm \max \{0.48 \sin \Delta\varphi_0\} \% \quad (\text{ب-۳})$$

برای مقادیر ΔPV_{\max} و $\Delta \varphi_0$ ، تلرانس‌ها در جدول ب-۱، بسته به بازه‌های فرکانسی بیان شده است (بند ۱ پیوست الف را ببینید). این تلرانس‌ها علاوه بر تلرانس‌های مشخص شده در استاندارد ENV28041 باید توسط تجهیزات اندازه‌گیری مرتبط با این استاندارد دیده شوند.

یادآوری ۲- تحمیل تلرانس‌ها به طور مستقیم روی (f) $\Delta \varphi$ منطقی نیست زیرا برای دستیابی به میزان معینی از حفظ شکل موج تلرانس‌های بسیار باریکی مورد نیاز است. تبدیل به (f) $\Delta \varphi_0$ فاز پاسخ حقیقی را با آزادی بیشتری با همان صحت ارائه می‌دهد. این روش اساسا با «معیار مماس» استفاده شده در پیوست الف، یکسان است، اما برای ارزیابی کامپیوترا نتایج آزمون مناسب‌تر است.

یادآوری ۳- بسته به شکل موج سیگنال مقدار واقعی انحراف قله به طور عادی از حداکثر انحراف مقدار قله کوچک‌تر خواهد بود که برای بدترین حالت ترکیب اجزای دو فرکانسی (بیشترین دامنه‌های نامطلوب و زاویه‌های فاز صفر) محاسبه می‌شود. هرچند، در بیشتر موارد ناخواسته که بیشتر اجزا ترکیب نامطلوبی دارند، انحراف مقدار واقعی قله می‌تواند حتی بیشتر رشد کند. از لحاظ آماری، عبارت «حداکثر» ممکن است به درصدهای بسیار پایین اطلاق شود.

کالیبراسیون فاز پاسخ فرکانسی می‌تواند براساس استانداردهای ISO 16063-11 یا ISO 16063-12 انجام شود.

جدول ب-۱- تلرانس‌هایی برای مشخصه انحراف فاز $\Delta \varphi_0$ و حداکثر انحراف مقدار قله ΔPV_{\max}

| ΔPV_{\max} بیشینه انحراف مقدار قله | انحراف مقادیر مشخصه $\Delta \varphi_0$ | |
|--|--|--------|
| $\pm 5\%$ | 6^0 | بازه ۱ |
| $\pm 10\%$ | 12^0 | بازه ۲ |
| تعیین نشده | تعیین نشده | بازه ۳ |

پیوست پ

(اطلاعاتی)

پارامترهای جایگزین برای توصیف شوک‌های تکی

شتاب برای توصیف شوک‌های تکی انتخاب می‌شود، زیرا این تنها کمیتی است که در عمل می‌تواند مستقیماً اندازه‌گیری شود. مشخص نیست که شتاب مناسب‌ترین کمیت باشد. بنابراین سرعت در اینجا به عنوان یک جایگزین عملی، مورد بحث قرار گرفته است.

سرعت $(t) V_{hf}$ را می‌توان با انتگرال‌گیری از شتاب $(t) a_{hf}$ محاسبه کرد (بند ۲-۴ را ببینید) مانند فرمول (پ-۱):

$$V_{hf}(t) = \int_0^t a_{hf}(\xi) d\xi + V_{hf,0} \quad (پ-۱)$$

که در آن $V_{hf,0}$ سرعت در لحظه $t=0$ است.

همه پارامترهای توصیف شده برای شتاب در این استاندارد می‌تواند برای سیگنال سرعت نیز اعمال شود.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

فیلتر برای فرکانس وزنی flat_h

جدول ت ۱- دامنه پاسخ فرکانسی و فاز پاسخ فرکانسی برای flat_h وزنی

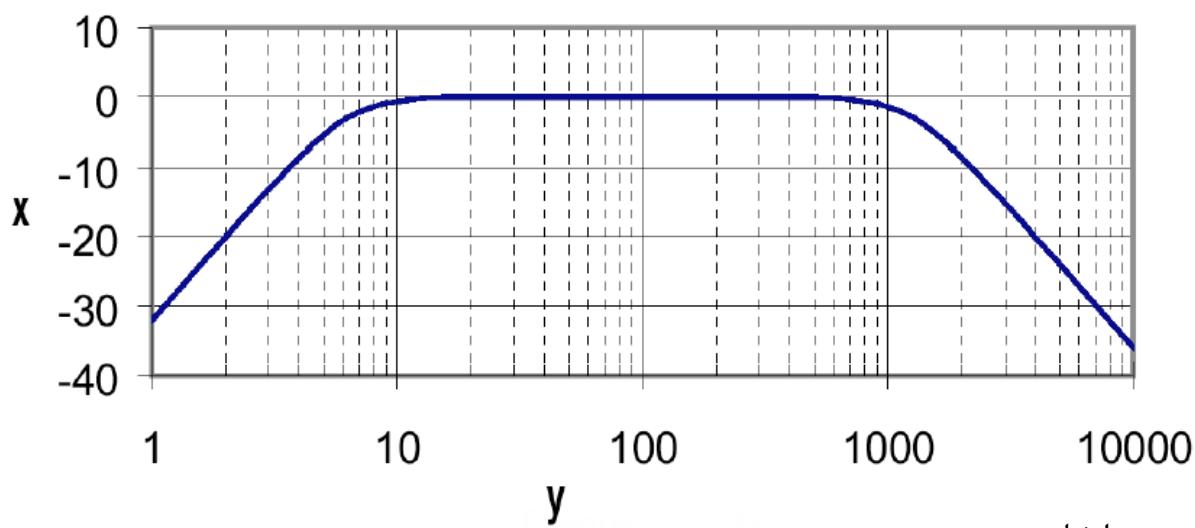
| مشخصه تلرنس انحراف فاز | * فاز وزنی شامل محدودیت باند | مقدار تلرنس | مقدار تلرنس | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | فرکانس نامی | فرکانس حقیقی | X |
|------------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|---|
| درجه | درجه | dB | % | dB | | Hz | Hz | | |
| - | -10.30 | +2 / - | +26 / - | -36.00 | 0.015845 | 0.8 | 0.7943 | -1 | |
| - | -13.01 | +2 / - | +26 / - | -32.00 | 0.025108 | 1 | 1.000 | 0 | |
| - | -16.46 | +2 / - | +26 / - | -28.01 | 0.039774 | 1.25 | 1.259 | 1 | |
| - | -20.87 | +2 / - | +26 / - | -24.02 | 0.062962 | 1.6 | 1.585 | 2 | |
| - | -26.55 | +2 / - | +26 / - | -20.04 | 0.099490 | 2 | 1.995 | 3 | |
| - | -33.94 | +2 / - | +26 / - | -16.11 | 0.156515 | 2.5 | 2.512 | 4 | |
| - | -43.63 | +2 / - | +26 / - | -12.27 | 0.243590 | 3.15 | 3.162 | 5 | |
| +12 / -12 | -56.25 | +2 / -2 | +26 / -21 | -8.64 | 0.369831 | 4 | 3.981 | 6 | |
| +12 / -12 | -72.13 | +2 / -2 | +26 / -21 | -5.46 | 0.533566 | 5 | 5.012 | 7 | |
| +12 / -12 | -90.40 | +2 / -2 | +26 / -21 | -3.01 | 0.707059 | 6.3 | 6.310 | 8 | |
| +12 / -12 | -108.69 | +2 / -2 | +26 / -21 | -1.46 | 0.845694 | 8 | 7.943 | 9 | |
| +12 / -12 | -124.64 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.64 | 0.929065 | 10 | 10.00 | 10 | |
| +6 / -6 | -137.38 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.27 | 0.969863 | 12.5 | 12.59 | 11 | |
| +6 / -6 | -147.23 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.11 | 0.987669 | 16 | 15.85 | 12 | |
| +6 / -6 | -154.86 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.04 | 0.995036 | 20 | 19.95 | 13 | |
| +6 / -6 | -160.85 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.02 | 0.998015 | 25 | 25.12 | 14 | |
| +6 / -6 | -165.66 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.01 | 0.999208 | 31.5 | 31.62 | 15 | |
| +6 / -6 | -169.61 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999684 | 40 | 39.81 | 16 | |
| +6 / -6 | -172.97 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999873 | 50 | 50.12 | 17 | |
| +6 / -6 | -175.93 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999947 | 63 | 63.10 | 18 | |
| +6 / -6 | -178.67 | 0 | 0 | 0.00 | 0.999972 | 80 | 79.43 | 19 | |
| +6 / -6 | -181.33 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999972 | 100 | 100.0 | 20 | |
| +6 / -6 | -184.06 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999947 | 125 | 125.9 | 21 | |
| +6 / -6 | -187.03 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999873 | 160 | 158.5 | 22 | |
| +6 / -6 | -190.38 | +1 / -1 | +12 / -11 | 0.00 | 0.999684 | 200 | 199.5 | 23 | |
| +6 / -6 | -194.34 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.01 | 0.999208 | 250 | 251.2 | 24 | |
| +6 / -6 | -199.15 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.02 | 0.998015 | 315 | 316.2 | 25 | |
| +6 / -6 | -205.14 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.04 | 0.995037 | 400 | 398.1 | 26 | |
| +6 / -6 | -212.76 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.11 | 0.987672 | 500 | 501.2 | 27 | |
| +6 / -6 | -222.62 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.27 | 0.969871 | 630 | 631.0 | 28 | |
| +12 / -12 | -235.36 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.64 | 0.929083 | 800 | 794.3 | 29 | |

جدول ت ۱- ادامه

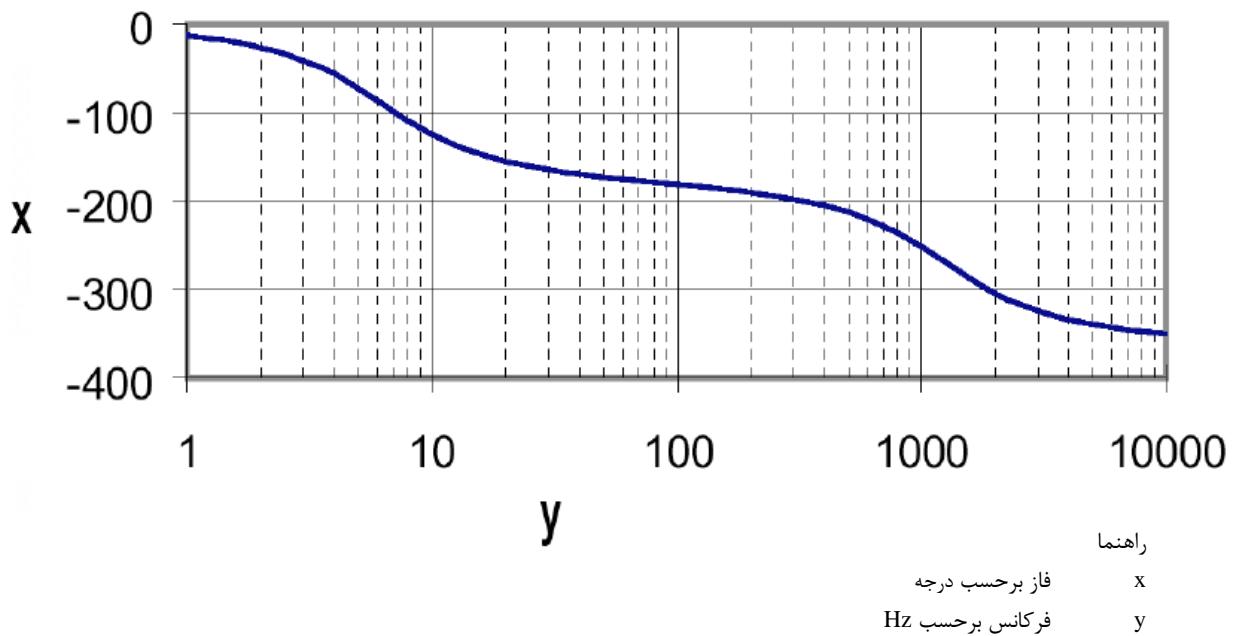
| مشخصه تلرنس انحراف فاز | * فاز وزنی شامل محدودیت باند | مقدار تلرنس | مقدار تلرنس | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | فرکانس نامی | فرکانس حقیقی | x |
|------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|----|
| درجه | درجه | dB | % | dB | | Hz | Hz | |
| +12 / -12 | -251.30 | +2 / -2 | +26 / -21 | -1.46 | 0.845728 | 1000 | 1000 | 30 |
| +12 / -12 | -269.59 | +2 / -2 | +26 / -21 | -3.01 | 0.707109 | 1250 | 1259 | 31 |
| +12 / -12 | -287.86 | +2 / -2 | +26 / -21 | -5.46 | 0.533620 | 1600 | 1585 | 32 |
| +12 / -12 | -303.74 | +2 / -2 | +26 / -21 | -8.64 | 0.369876 | 2000 | 1995 | 33 |
| - | -316.37 | +2 / - | +26 / - | -12.27 | 0.243622 | 2500 | 2512 | 34 |
| - | -326.05 | +2 / - | +26 / - | -16.11 | 0.156537 | 3150 | 3162 | 35 |
| - | -333.45 | +2 / - | +26 / - | -20.04 | 0.099504 | 4000 | 3981 | 36 |
| - | -339.13 | +2 / - | +26 / - | -24.02 | 0.062971 | 5000 | 5012 | 37 |
| - | -343.54 | +2 / - | +26 / - | -28.01 | 0.039779 | 6300 | 6310 | 38 |
| - | -346.99 | +2 / - | +26 / - | -32.00 | 0.025111 | 8000 | 7943 | 39 |
| - | -349.69 | +2 / - | +26 / - | -36.00 | 0.015847 | 10000 | 10000 | 40 |

فاز وزنی داده شده به میزان ۱۸۰ درجه جایه جا شده است. *

یادآوری - x شماره باند فرکانسی مطابق استاندارد EN 61260 می باشد.



شکل ت ۱- دامنه پاسخ فرکانسی برای $flat_h$ وزنی



بادآوری- فاز پاسخ فرکانسی به اندازه 180° درجه جایه جا شده است.

شکل ت-۲- فاز پاسخ فرکانسی برای flat_h وزنی

پیوست ث

(اطلاعاتی)

فیلتر برای فرکانس وزنی W_h از استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱

یادآوری - فرکانس وزنی W_h به طور کامل در استاندارد ملی شماره ۱۹۱۷۷-۱ تعریف شده است. با این حال جدول ث-۱، جدول بندی دقیق تری از فرکانس وزنی ارائه می‌دهد که برای اندازه‌گیری و ارزیابی شوک‌های تکی، مورد نیاز است.

جدول ث-۱- دامنه پاسخ فرکانسی و فاز پاسخ فرکانسی برای W_h وزنی

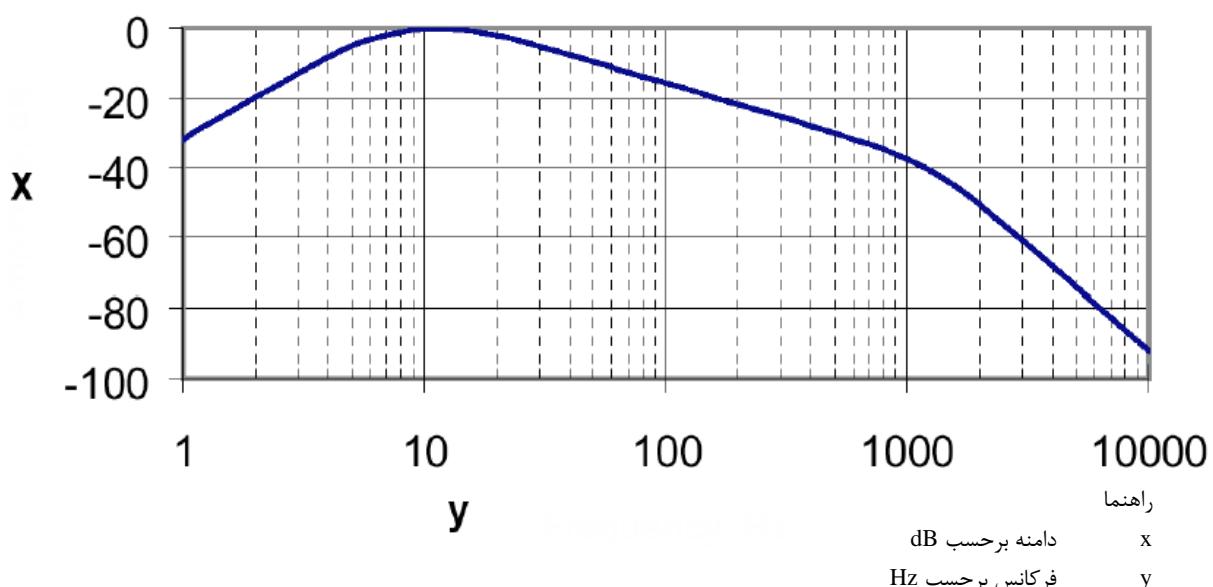
| مشخصه تلرانس انحراف فاز | * فاز وزنی شامل محدودیت باند | مقدار تلرانس | مقدار تلرانس | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | فرکانس نامی | فرکانس حقیقی | x |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|----|
| درجه | درجه | dB | % | dB | | Hz | Hz | |
| - | -11.92 | +2 / - | +26 / - | -36.00 | 0.015856 | 0.8 | 0.7943 | -1 |
| - | -15.05 | +2 / - | +26 / - | -31.99 | 0.025135 | 1 | 1.000 | 0 |
| - | -19.02 | +2 / - | +26 / - | -27.99 | 0.039842 | 1.25 | 1.259 | 1 |
| - | -24.11 | +2 / - | +26 / - | -23.99 | 0.063132 | 1.6 | 1.585 | 2 |
| - | -30.66 | +2 / - | +26 / - | -20.01 | 0.099911 | 2 | 1.995 | 3 |
| - | -39.17 | +2 / - | +26 / - | -16.05 | 0.157540 | 2.5 | 2.512 | 4 |
| - | -50.30 | +2 / - | +26 / - | -12.18 | 0.246027 | 3.15 | 3.162 | 5 |
| +12 / -12 | -64.84 | +2 / -2 | +26 / -21 | -8.51 | 0.375354 | 4 | 3.981 | 6 |
| +12 / -12 | -83.30 | +2 / -2 | +26 / -21 | -5.27 | 0.544980 | 5 | 5.012 | 7 |
| +12 / -12 | -105.09 | +2 / -2 | +26 / -21 | -2.77 | 0.727160 | 6.3 | 6.310 | 8 |
| +12 / -12 | -128.25 | +2 / -2 | +26 / -21 | -1.18 | 0.873066 | 8 | 7.943 | 9 |
| +12 / -12 | -150.85 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.43 | 0.951379 | 10 | 10.00 | 10 |
| +6 / -6 | -172.19 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.38 | 0.957570 | 12.5 | 12.59 | 11 |
| +6 / -6 | -192.05 | +1 / -1 | +12 / -11 | -0.96 | 0.895788 | 16 | 15.85 | 12 |
| +6 / -6 | -209.71 | +1 / -1 | +12 / -11 | -2.14 | 0.781965 | 20 | 19.95 | 13 |
| +6 / -6 | -224.37 | +1 / -1 | +12 / -11 | -3.78 | 0.647062 | 25 | 25.12 | 14 |
| +6 / -6 | -235.89 | +1 / -1 | +12 / -11 | -5.69 | 0.519149 | 31.5 | 31.62 | 15 |
| +6 / -6 | -244.78 | +1 / -1 | +12 / -11 | -7.72 | 0.411095 | 40 | 39.81 | 16 |
| +6 / -6 | -251.70 | +1 / -1 | +12 / -11 | -9.78 | 0.324379 | 50 | 50.12 | 17 |
| +6 / -6 | -257.26 | +1 / -1 | +12 / -11 | -11.83 | 0.256041 | 63 | 63.10 | 18 |
| +6 / -6 | -261.93 | 0 | 0 | -13.88 | 0.202387 | 80 | 79.43 | 19 |
| +6 / -6 | -266.06 | +1 / -1 | +12 / -11 | -15.91 | 0.160204 | 100 | 100.0 | 20 |
| +6 / -6 | -269.92 | +1 / -1 | +12 / -11 | -17.93 | 0.126954 | 125 | 125.9 | 21 |
| +6 / -6 | -273.75 | +1 / -1 | +12 / -11 | -19.94 | 0.100680 | 160 | 158.5 | 22 |
| +6 / -6 | -277.80 | +1 / -1 | +12 / -11 | -21.95 | 0.079878 | 200 | 199.5 | 23 |
| +6 / -6 | -282.29 | +1 / -1 | +12 / -11 | -23.96 | 0.063379 | 250 | 251.2 | 24 |
| +6 / -6 | -287.52 | +1 / -1 | +12 / -11 | -25.98 | 0.050263 | 315 | 316.2 | 25 |
| +6 / -6 | -293.85 | +1 / -1 | +12 / -11 | -28.00 | 0.039796 | 400 | 398.1 | 26 |

جدول ث-۱- ادامه

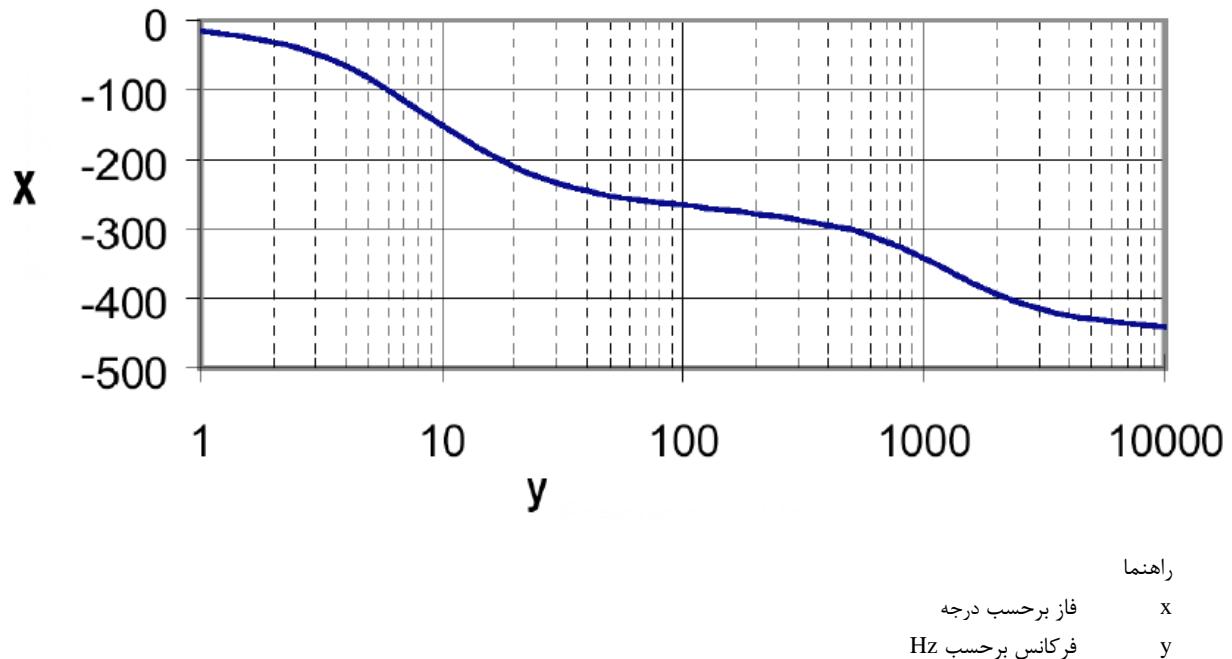
| مشخصه تلرانس انحراف فاز | * فاز وزنی شامل محدودیت باند | مقدار تلرانس | مقدار تلرانس | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | مقدار وزنی شامل محدودیت باند | فرکانس نامی | فرکانس حقیقی | x |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|----|
| درجه | درجه | dB | % | dB | | Hz | Hz | |
| +6 / -6 | -301.74 | +1 / -1 | +12 / -11 | -30.07 | 0.031372 | 500 | 501.2 | 27 |
| +6 / -6 | -311.80 | +1 / -1 | +12 / -11 | -32.23 | 0.024468 | 630 | 631.0 | 28 |
| +12 / -12 | -324.71 | +1 / -1 | +12 / -11 | -34.60 | 0.018617 | 800 | 794.3 | 29 |
| +12 / -12 | -340.79 | +2 / -2 | +26 / -21 | -37.42 | 0.013461 | 1000 | 1000 | 30 |
| +12 / -12 | -359.19 | +2 / -2 | +26 / -21 | -40.97 | 0.008939 | 1250 | 1259 | 31 |
| +12 / -12 | -377.54 | +2 / -2 | +26 / -21 | -45.42 | 0.005359 | 1600 | 1585 | 32 |
| +12 / -12 | -393.49 | +2 / -2 | +26 / -21 | -50.60 | 0.002950 | 2000 | 1995 | 33 |
| - | -406.17 | +2 / - | +26 / - | -56.23 | 0.001544 | 2500 | 2512 | 34 |
| - | -415.89 | +2 / - | +26 / - | -62.07 | 0.000788 | 3150 | 3162 | 35 |
| - | -423.32 | +2 / - | +26 / - | -68.01 | 0.000398 | 4000 | 3981 | 36 |
| - | -429.03 | +2 / - | +26 / - | -73.98 | 0.000200 | 5000 | 5012 | 37 |
| - | -433.46 | +2 / - | +26 / - | -79.97 | 0.000100 | 6300 | 6310 | 38 |
| - | -436.92 | +2 / - | +26 / - | -85.97 | 0.000050 | 8000 | 7943 | 39 |
| - | -439.64 | +2 / - | +26 / - | -91.96 | 0.000025 | 10000 | 10000 | 40 |
| - | -11.92 | +2 / - | +26 / - | -36.00 | 0.015856 | 0.8 | 0.7943 | -1 |
| - | -15.05 | +2 / - | +26 / - | -31.99 | 0.025135 | 1 | 1.000 | 0 |

* فاز وزنی داده شده به میزان ۱۸۰ درجه جایه جا شده است.

یادآوری - x شماره باند فرکانسی مطابق استاندارد EN 61260 می باشد.



شکل ث-۱- دامنه پاسخ فرکانسی برای W_h وزنی



یادآوری- فاز پاسخ فرکانسی به اندازه 180° درجه جایه جا شده است.

شکل ث-۲- فاز پاسخ فرکانسی برای W_h وزنی

پیوست ج

(اطلاعاتی)

کتاب نامہ

- [1] ISO 2041, Vibration and shock — Vocabulary
- [2] ISO 5805, Mechanical vibration and shock — Human exposure — Vocabulary
- [3] ISO 16063-11, Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 11: Primary vibration calibration by laser interferometry
- [4] ISO 16063-12, Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 12: Primary vibration calibration by the reciprocity method
- [5] H. Dupuis, N. Schäfer: Effects of impulse vibration on the hand-arm system. Scand. J. Work Eviron. Health, 1986, pp. 320-322
- [6] H. Lindell, I. Lönnroth, H. Ottertun: Transient vibrations from impact wrenches cause damages on blood cell and the effects are not taken into account by ISO 5349. Proceedings of the 8th International Conference on Hand-Arm Vibration, Umeå, Sweden, 1998
- [7] N. Schäfer, H. Dupuis, and E. Hartung: Acute effects of shock-type vibration transmitted to the hand-arm system. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 55, 1984, pp. 49-59
- [8] Th. Schenk: Measurement of single shocks affecting the hand-arm system. Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration, Published by Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, Germany, 1993
- [9] J. Starck: High impulse acceleration levels in hand-held vibratory tools. Scand. J. Work Eviron. Health, 10, 1984, pp. 171-178
- [10] J. Starck, P. Jussi, P. Ilmari: Physical characteristics of vibration in relation to vibration-induced white finger. Am. Ind. Hyg. Assoc., 51-4, 1990, pp. 179-184
- [11] Stockholm Workshop 94: Hand-arm vibration syndrome – Diagnostic and quantitative relationships to exposure. Arbete och Hälsa, 5, 1995
- [12] EN 61260, Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters (IEC 61260:1995)