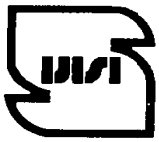
INSO
16248-1
1st.Edition
May.2013

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



استاندارد ملی ایران
۱-۱۶۲۴۸
چاپ اول
اردیبهشت ۱۳۹۲

لرزش و شوک مکانیکی- اندازه‌گیری قدرت لرزش انتقالی از دستگاه‌ها به سازه‌های پشتیبان متصل شده-
قسمت ۱: روش مستقیم

Mechanical vibration and shock— Measurement of vibration power flow from machines into connected support structures— Part 1: Direct method

ICS: 17.160

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 رسمی‌کشور 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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 علمیو تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود . پیش نویس 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.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس 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 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 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمآن‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمآن‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند . 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

«لرزش و شوک مکانیکی– اندازه‌گیری قدرت لرزش انتقالی از دستگاه‌ها به سازه‌های پشتیبان متصل شده– قسمت ۱: روش مستقیم»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
حاجی نایب، علی (دکتری مکانیک)	عضو هیئت علمی‌دانشگاه شهید چمران اهواز
دبیر:	
بهرامی، راحیل (لیسانس برق - الکترونیک)	کارشناس
اعضاء: (اسامی‌به ترتیب حروف الفبا)	
بهرامی، فریبرز (لیسانس عمران - عمران)	مدیر دفتر رسیدگی سازمان آب و برق خوزستان
بهرامی قلعه سفیدی، مهدی (فوق لیسانس مکانیک - طراحی کاربردی)	عضو هیئت علمی پژوهشکده تکنولوژی تولید جهاد دانشگاهی اهواز
پیر مرادی، رمضان (لیسانس مکانیک)	کارشناس مسئول اداره کل استاندارد استان خوزستان
جنتی، حسین (لیسانس مکانیک)	کارشناس
جهانیان، محسن (لیسانس مکانیک - جامدات)	کارشناس اجرای استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان
چراغی، حسین (فوق لیسانس متالوژی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

شعبانپور فولادی، زینب (فوق لیسانس شیمی)	مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول
مال میر، مریم (لیسانس برق - الکترونیک)	کارشناس مسئول مخابرات و تله متری شرکت توزیع برق خوزستان
محسنی، خلیل (فوق لیسانس متالوژی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان
مکوندی، مهدی (لیسانس برق - قدرت)	سرپرست ایمنی سازمان برق خوزستان
موزرم نیا، ایمان (فوق لیسانس تاسیسات آب)	مدیر دفتر سازه و هیدرولیک سازمان آب و برق خوزستان
مهر افشار، علی (لیسانس مکانیک)	مدیر عامل شرکت سرد مهر
یاقوتیان، امین (دکتری مکانیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار و
۱- هدف و دامنه کاربرد ۱
۲- مراجع الزامی ۱
۳- اصطلاحات و تعاریف ۲
۴- اصول ۴
۵- اندازه‌گیری ۷
۵-۱- کلیات ۷
۵-۲ -چینش مبدل‌های لرزش ۷
۵-۳ - اندازه‌گیری نیروها ۸
۵-۳-۱- کلیات ۸
۵-۳-۲- اندازه‌گیری نیروها با یک مبدل ۹
۵-۳-۳- اندازه‌گیری نیروها با دو مبدل ۱۰
۵-۴- تجهیزات اندازه‌گیری ۱۰
۵-۵- ویژگی‌های اندازه شناختی ۱۲
۵-۶ - تعیین حد بالای فرکانس ۱۲
۵-۷ - انتخاب تعداد اتصالات برای شروع اندازه‌گیری ۱۲
۵-۸- تعیین قدرت لرزش کل به وسیله اندازه‌گیری از تعداد محدود اتصالات ۱۳
۶- عدم قطعیت اندازه‌گیری ۱۴
۷- نمایش داده‌ها و گزارش آزمون ۱۴

پیش گفتار

استاندارد" لرزش و شوک مکانیکی- اندازه‌گیری قدرت لرزش انتقالی از دستگاه‌ها به سازه‌های پشتیبان متصل شده- قسمت ۱: روش مستقیم " که پیش نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد، تهیه و تدوین شده و در یکصد و نود و چهارمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد اندازه شناسی، اوزان و مقیاس ها مورخ۹۱/۱۰/۷ 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 18312-1:2012, Mechanical vibration and shock - Measurement of vibration power flow from machines into connected support structures — Part 1: Direct method

شوک و لرزش مکانیکی- اندازه‌گیری قدرت لرزش انتقالی از دستگاه‌ها به سازه‌های پشتیبان متصل شده- قسمت ۱: روش مستقیم

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای ارزیابی قدرت لرزش منتشر شده به وسیله دستگاه‌ها یا خطوط لوله، که در ادامه از آنها به عنوان دستگاه‌ها یاد می‌شود، تحت شرایط عملیاتی برای سازه‌های پشتیبانی می‌باشد که مستقیما به وسیله اتصالات پیچی به دستگاه متصل هستند.

این استاندارد برای ارزیابی مولفه‌های قدرت لرزش منتشر شده با شش درجه آزادی در دستگاه مختصات دکارتی در هر اتصال کاربرد دارد، برای مثال سه جابجایی و سه چرخش. قدرت لرزش به وسیله پردازش سیگنال‌هایی از مبدل‌های نیرو و سرعت (یا شتاب) قرار گرفته بر اتصالات پیچی تحت شرایط عملیاتی مطلوب تعیین می‌شود. این استاندارد برای دستگاه‌هایی که لرزش آنها می‌تواند به وسیله یک فرآیند تصادفی ایستا توصیف شود، کاربرد دارد.

مولفه‌های قدرت لرزش منتشر شده در حوزه فرکانس به وسیله محاسبه طیف عرضی[1] اندازه‌گیری زوج نیرو و سرعت با پهنای باند باریک معین در هر اتصال پیچی مشخص به دست می‌آید.

در این روش مستقیم فرض می‌شود که سازه‌های پشتیبان به اندازه کافی صلب می‌باشند و از این رو، برای مواردی که پی یا سازه‌های پشتیبان کشسان هستند، بطوریکه ممکن است در محدوده فرکانس مطلوب به حالت تشدید درآیند، کاربرد ندارد. حدود فرکانس عملی روش در این استاندارد مشخص می‌شود.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

الف- ویژگی‌های انتشار قدرت لرزش دستگاه در اتصالات (پیچی)؛

ب- شناسایی شدت قدرت لرزش؛

پ- برطرف نمودن مشکلات تشخیصی؛

ت- طرح ریزی اقدامات کنترل لرزش؛

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی‌زیر 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.

1- Cross spectrum

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 مدارکی 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 الزامی‌است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹، شوک و ارتعاش مکانیکی، پایش وضعیت- واژه نامه

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۰۲، ارتعاش مکانیکی و شوک نصب مکانیکی شتاب سنج‌ها

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۳-۱

بردار سرعت لرزش

v^n

بردار سرعت در n امین پیچ اتصال، شامل سه مولفه جابجایی و سه مولفه چرخش در راستای محورهای مختصات x ، y و z

۳-۲

مولفه سرعت لرزش

v_i^n

مولفه بردار سرعت لرزش در درجه آزادی i و n امین اتصال پیچی؛ i= ۱,۲,۳ برای مولفه‌های خطی به ترتیب در جهت‌های x ، y و z ، i= ۴,۵,۶ برای مولفه‌های زاویه ای به ترتیب در جهت‌های x ، y و z

۳-۳

مولفه شتاب لرزش

a_i^n

مولفه شتاب لرزش در درجه آزادی i و n امین اتصال پیچی

۳-۴

مقداراریشه میانگین مربعات مولفه شتاب

مقدار r.m.s[1] مولفه شتاب

$a_{i:rms}^{\ n}$

1- Root Mean Square

مقدار ریشه میانگین مربعات مولفه شتاب در درجه آزادی i و n امین اتصال پیچی

۵-۳

بردار نیرو

F^n

بردار نیروی لرزش در n امین اتصال، شامل سه مولفه خطی نیرو و سه مولفه زاویه ای نیرو، برای مثال گشتاور، در راستای محورهای مختصات x ، y و z

۶-۳

مولفه نیرو

F_i^n

مولفه بردار نیروی لرزش در درجه آزادی i و n امین اتصال؛ i= ۱,۲,۳ برای مولفه‌های نیرو به ترتیب در جهت‌های x ، y و z ، i= ۴,۵,۶ برای مولفه‌های گشتاور به ترتیب در جهت x ، y و z

۷-۳

مولفه قدرت لرزش

P_i^n

قدرت لرزش در درجه آزادی i و n امین اتصال پیچی، برابر میانگین زمانی حاصل ضرب داخلی بردار نیروی لرزش و بردار سرعت لرزش در درجه آزادی i و n امین اتصال پیچی

یادآوری- مولفه قدرت لرزش بر حسب "وات" بیان می‌شود.

۸-۳

قدرت لرزش در یک اتصال

P^n

قدرت لرزش در n امین اتصال پیچی ، برابر حاصل جمع مولفه‌های قدرت لرزش در هر درجه آزادی در همان نقطه

۹-۳

قدرت لرزش

P

حاصل جمع قدرت لرزش دستگاه در همه اتصالات و در تمامی‌درجه‌های آزادی

۱۰-۳

طیف قدرت لرزش

$P(f,\Delta f)$

تجزیه قدرت لرزش دستگاه در حوزه فرکانسی با فرکانس مرکز معین، f ، باند باریک فرکانسی، Δf، برابر با حاصل جمع طیف قدرت لرزش در همه اتصالات و در تمامی‌درجه‌های آزادی

۱۱-۳

مولفه طیف قدرت لرزش

$P_i^n(f,\Delta f)$

طیف قدرت لرزش انتقال یافته در درجه آزادی i و n امین اتصال

۱۲-۳

طیف قدرت لرزش در اتصال n ام

$P^n(f,\Delta f)$

طیف قدرت لرزش انتقال یافته در n امین اتصال

۱۳-۳

مولفه طیف عرضی قدرت لرزش

$G^n_{F_i v_i}(f)$

طیف عرضی مولفه نیرو لرزش، $F_i(t)$ ، و مولفه سرعت لرزش، $v_i(t)$ ، در درجه آزادی i و n امین اتصال

۱۴-۳

سطح قدرت لرزش

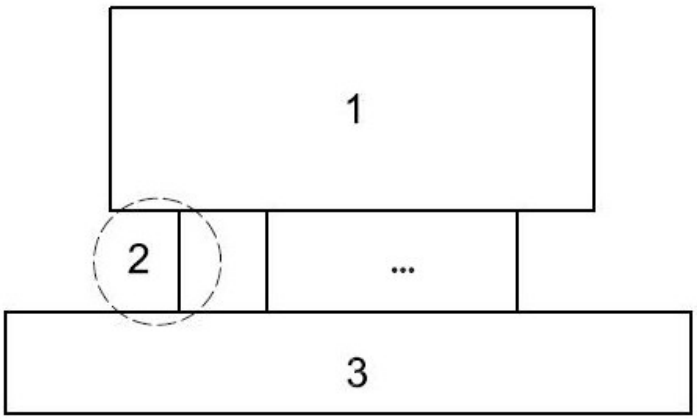
$$L_W = 10\lg\frac{P}{P_0} dB$$

لگاریتم نسبت قدرت لرزش اندازه‌گیری شده به مقدار مرجع، $P_0 = 1pW$، مطابق با سطح صفر قدرت لرزش

۴ اصول

طرح یک دستگاه مستقیما پیچی به سازه پی[1] با چندین اتصال در شکل ۱ و جزئیات اتصال پیچی به همراه یک دستگاه مختصات در شکل ۲ نشان داده شده است به طوری که محور z موازی با محور پیچ انتخاب شده است.

1- Foundation



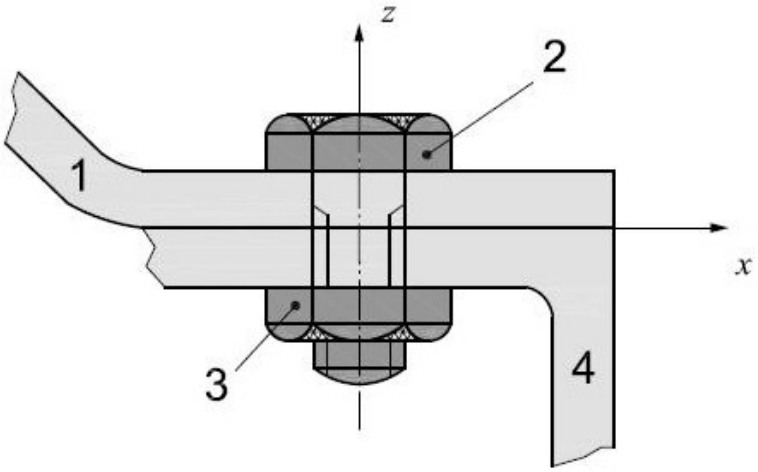
راهنما:

1 دستگاه

2 اتصالات پیچی

3 پی

شکل۱- طرح دستگاه مستقیما پیچی به پی با چندین اتصال



راهنما:

1 پایه دستگاه

2 پیچ

3 مهره

4 فلنج[1] پی

شکل۲- دستگاه مختصات یک اتصال پیچی

1- Flange

قدرت لرزش انتقال یافته به وسیله دستگاه به پی به وسیله n امین اتصال پیچی به صورت میانگین زمانی حاصل ضرب داخلی بردار نیرو و بردار سرعت به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$P^n = \frac{1}{L}\int_0^L F^n(t).v^n(t)dt = \frac{1}{L}\int_0^L \sum_{i=1}^{6} F_i^n(t)v_i^n(t)dt = \sum_{i=1}^{6}\frac{1}{L}\int_0^L F_i^n(t)v_i^n(t)dt \qquad (۱)$$

که در آن عبارت درون آخرین سیگما در سمت راست

$$\frac{1}{L}\int_0^L F_i^n(t)v_i^n(t) \equiv P_i^n$$

بر قدرت لرزش انتقال یافته در درجه آزادی i و n امین اتصال دلالت می‌کند که با شاخص ۳تا۱ =i نشان دهنده درجه آزادی جابجایی یا خطی و با شاخص ۶ تا ۴=i نشان دهنده درجه آزادی چرخشی یا زاویه ای است. طول اندازه‌گیری L در رابطه (۱) باید بسیار بزرگتر از دوره تناوب سیگنال‌های اندازه‌گیری شده باشد. در عمل، نقش مولفه‌های چرخشی در رابطه (۱) به واسطه سرعت‌های زاویه ای و گشتاورها ممکن است به هنگام وجود دشواری در اندازه‌گیری ها حذف شود. قدرت لرزش انتقال یافته کل به وسیله دستگاه با چندین اتصال پیچی بر سازه پشتیبان را می‌توان با جمع نمودن قدرت لرزش انتقال یافته به وسیله هر اتصال پیچی در رابطه (۱) به دست آورد. قدرت لرزش یک کمیت عددی می‌باشد و از این رو، قدرت لرزش انتقال یافته کل از یک دستگاه با تعداد K اتصال پیچی به راحتی به وسیله یک حاصل جمع به دست می‌آید:

$$P = \sum_{n=1}^{k} P^n \qquad (۲)$$

قدرت لرزش در i امین درجه آزادی و n امین اتصال، P_i^n، را می‌توان با در نظر گرفتن قسمت حقیقی طیف عرضی $G_{F_i v_i}^n(f,\Delta f)$ از سیگنال نیرو $F_i^n(t)$ و سیگنال سرعت $v_i^n(t)$ با استفاده از آنالیزور تجاری سیگنال به صورت زیر به حوزه فرکانس تجزیه کرد:

$$P_i^n(f,\Delta f) = \mathrm{Re}\left[G_{F_i v_i}^n(f,\Delta f)\right] \qquad (۳)$$

که در آن $\mathrm{Re}[\bullet]$ نشان دهنده قسمت حقیقی مقدار مختلط • می‌باشد و واحد $P_i^n(f,\Delta f) = \mathrm{Re}\left[G_{F_i v_i}^n(f,\Delta f)\right]$ وات در فرکانس مرکز، f ، در طول باند باریک فرکانسی، Δf، است برای مثال 1Hz زمانیکه واحدهای نیرو و سرعت به ترتیب نیوتن و متر بر ثانیه باشند. اگر شتاب $a_i^n(t)$ بر حسب متر بر مجذور ثانیه به جای سرعت

$v_i^n(t)$ بر حسب متر بر ثانیه اندازه‌گیری شود، قدرت لرزش در رابطه (۳) با کمی‌تفاوت به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_i^n(f,\Delta f)=\frac{1}{2\pi f}\,\mathrm{Im}\left[G_{F_i a_i}^n(f,\Delta f)\right] \qquad (۴)$$

که در آن $\mathrm{Im}[\bullet]$ نشان دهنده قسمت موهومی مقدار مختلط $\bullet$ می‌باشد. حاصل جمع قدرت لرزش در فرکانس ها، درجه‌های آزادی و تمامی‌پایه‌های مورد نظر اکنون به راحتی قابل محاسبه است. زمانی که یک قدرت لرزش جزیی در طول محدوده فرکانسی مشخص، برحسب هرتز، مورد نظر است، برای مثال از $f_{\min}$ تا $f_{\max}$ مورد نظر باشد، این مقدار می‌تواند به سادگی با جمع نمودن طیف قدرت لرزش $P_i^n(f,\Delta f)$ در رابطه (۳) یا (۴) به صورت زیر به دست آید:

$$P_i^n(f_{\min}\sim f_{\max})=\sum_{k=1}^{N}P_i^n\left\{\left[f_{\min}+(k-1)\Delta f\right],\Delta f\right\} \qquad (۵)$$

که در آن N تعداد نقاط فرکانسی در محدوده فرکانس موردنظر است که در حالت تحلیل باند باریک فرکانس به صورت زیر به دست می‌آید:

$$N=\frac{f_{\max}-f_{\min}}{\Delta f} \qquad (۶)$$

هرگاه طیف قدرت لرزش در یک باند باریک از روابط (۳)و(۴) در دسترس باشد، طیف قدرت لرزش در یک سوم گام باند یا دیگر مقادیر گام باندها را می‌توان به سادگی با جمع نمودن در پهناهای باند مورد نظر به دست آورد.

۵ اندازه‌گیری

۵-۱ کلیات

این استاندارد چگونگی ارزیابی قدرت لرزش انتقال یافته به وسیله دستگاه به پی را از اندازه‌گیری نیروها و لرزش در اتصالات پیچی مشخص می‌کند. این گونه اندازه اندازه‌گیری‌ها به درجه‌های آزادی جابجایی محدود نمی‌شوند بلکه ممکن است بسته به قابلیت مبدل‌های به کار برده شده به درجه‌های آزادی چرخشی نیز گسترش یابند. این بند چگونگی نصب مبدل‌های لرزش و نیرو را توضیح می‌دهد.

۵-۲ چینش مبدل‌های لرزش

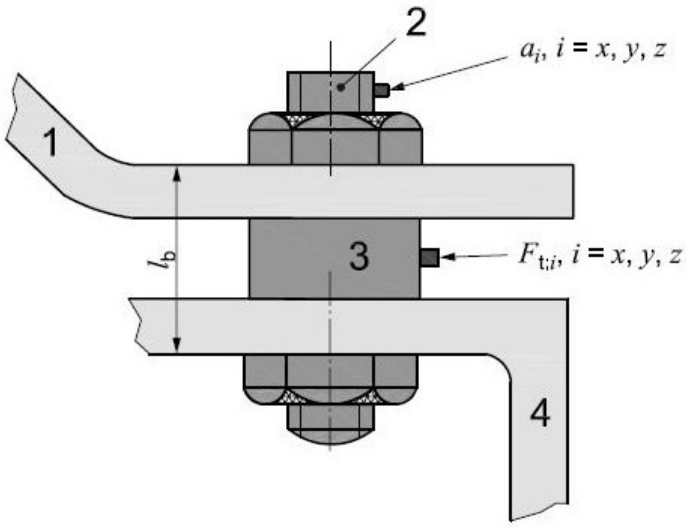
یک مبدل چند محوری لرزش بر سر پیچ و مهره اتصالی همانطور که در شکل ۳ و۴ نشان داده شده قرار می‌گیرد به طوری که جهت‌های اندازه‌گیری مطابق شکل ۲ در راستای مختصات x و z قرار گیرد. یک سطح صاف روی پایه دستگاه، نزدیک به اتصال پیچی، نیز می‌تواند در صورت قرارگیری چندین مبدل تک محور به صورت مجزا مورد استفاده قرار گیرد. جزئیات قرارگیری باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۰۲ باشد.

۵-۳ اندازه‌گیری نیروها

۵-۳-۱ کلیات

نیروهای وارد شده از طرف دستگاه به پی از طریق اتصالات پیچی را می‌توان با قرار دادن یک مبدل (شکل۳ را ببینید.) یا دو مبدل (شکل۴ را ببینید.) بر اتصالات پیچی اندازه‌گیری نمود. در هر دو حالت، این قسمت از استاندارد فرض را بر استفاده از مبدل‌های نیروی سه محوره می‌کند.

برای موثر بودن روش اندازه‌گیری نیرو با قرار دادن مبدل‌های نیرو در هر اتصال، توصیه می‌شود هیچ تشدید موضعی نزدیک اتصال پیچی نباشد. بهتر است یک آچار ترک[1] مورد استفاده قرار گیرد تا گشتاور چرخشی با مبدل‌های نیروی قرار گرفته و بدون آنها در یک مقدار نگهداری شود.

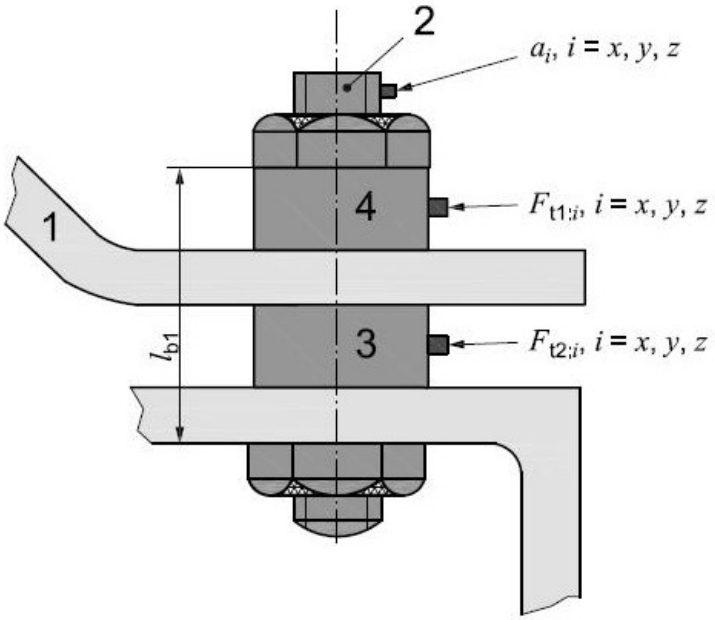


راهنما:

1 پایه دستگاه
2 مبدل لرزش
3 مبدل نیرو
4 ساختار پی
a_i شتاب در درجه آزادی i
$F_{t;i}$ نیروی اندازه‌گیری شده به وسیله یک مبدل در درجه آزادی i
l_b طول پیچ

شکل۳- طرح مبدل ها در روش یک مبدل نیرو

1-Torque wrench



راهنما:

1 پایه دستگاه

2 مبدل لرزش

3 مبدل نیرو ۱

4 مبدل نیرو ۲

a_i شتاب در درجه آزادی i

$F_{t1;i}$ نیروی اندازه‌گیری شده به وسیله مبدل۱ در درجه آزادی i

$F_{t2;i}$ نیروی اندازه‌گیری شده به وسیله مبدل۲ در درجه آزادی i

l_{b1} طول پیچ۱

شکل۴- طرح مبدل ها در روش دو مبدل نیرو

۵-۳-۲ اندازه‌گیری نیروها با یک مبدل

همانگونه که در شکل۳ نشان داده شده است، یک مبدل نیرو بر اتصال پیچی بین دستگاه و پی نصب شده است. در این پیکربندی، مبدل تنها یک بخش از نیروی اتصال واقعا انتقال یافته به پی را اندازه می‌گیرد. بخش دیگر به

وسیله خود پیچ منتقل می‌شود. F_i و $F_{t:i}$، به ترتیب، نیروی انتقال یافته واقعی و نیروی اندازه‌گیری شده (جزئی) به وسیله مبدل می‌باشند؛ این دو به صورت زیر با هم مرتبط می‌باشند:

$$F_i = F_{t:i}\left(1+\frac{k_{b:i}}{k_{t:i}}\right) \qquad (۷)$$

که در آن $k_{b:i}$ و $k_{t:i}$ ،به ترتیب، سختی اتصال پیچی و سختی مبدل در راستای محورهای i=x,y,z می‌باشند. سختی مبدل‌های نیرو از مشخصات آنها و سختی اتصال پیچی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$k_{b:x} = \frac{G_b S_b}{l_b} k_{b:y} \quad ; \quad k_{b:z} = \frac{E_b S_b}{l_b} \qquad (۸)$$

که در آن G_b و E_b به ترتیب مدول برش و مدول یانگ ماده پیچ می‌باشند؛ S_b و l_b، به ترتیب، سطح مقطع و طول پیچ می‌باشند. زمانیکه سختی مبدل نیرو نسبت به سختی پیچ خیلی بیشتر باشد، معمولا در حالت عملی است، $F_i \approx F_{t:i}$ است.

۵-۳-۳ اندازه‌گیری نیروها با دو مبدل

به منظور جلوگیری از نادرستی ممکن در محاسبه سختی اتصال پیچی، بهتر است که روش اندازه‌گیری دیگری با استفاده از دو مبدل نیرو اتخاذ شود. طرح اندازه‌گیری نیرو با استفاده از دو مبدل نیرودر شکل۴ نشان داده شده است. مبدل نیروی اول بین پایه دستگاه و پی قرار می‌گیرد تا $F_{t1:i}$ را اندازه بگیرد و دومین مبدل نیرو بین پیچ و پایه دستگاه قرار می‌گیرد تا $F_{t2:i}$ را اندازه بگیرد. تحت این پیکربندی، مقدار نیروی انتقال یافته به پی در درجه آزادی i برابر با تفاضل اندازه‌ها به صورت زیراست:

$$F_i = F_{t1:i} - F_{t2:i} \qquad (۹)$$

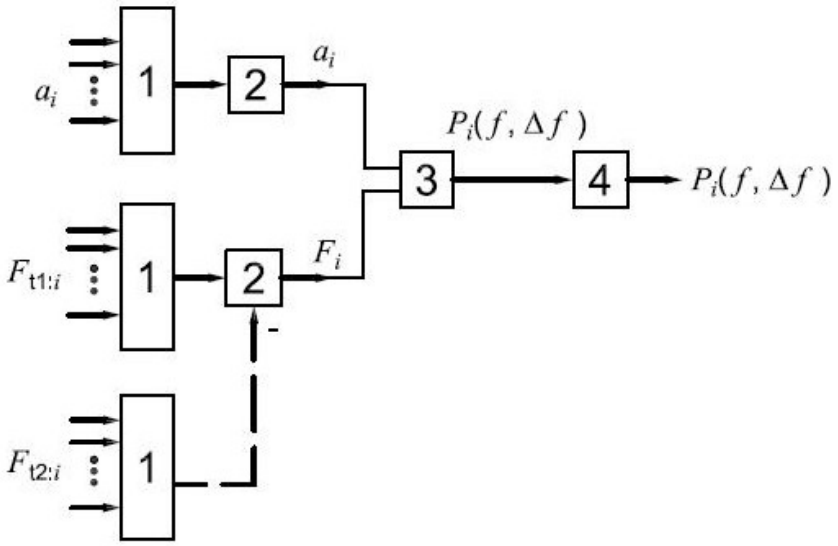
۵-۴ تجهیزات اندازه‌گیری

نمودار گردشی از اندازه‌گیری نمونه برای تعیین تابع طیفی چگالی قدرت لرزش در شکل۵ نمایش داده شده است. یک آنالیزورچند کاناله نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

تفاضل دو سیگنال در روش دو مبدل نیرو می‌تواند با استفاده از تقویت کننده عملیاتی یا با کمک تجهیزات دیجیتالی انجام شود. قبل از پردازش سیگنال ها، مهم است کانال شتاب سنج ها، مبدل‌های نیرو، وسایل آنالوگ و آنالیزور تبدیل فوریه سریع[1] از جهت اختلاف فازهای ممکن بررسی و اصلاح شوند. اگر اختلاف فاز از $^{\circ}$۰/۱ کمتر باشد، اصلاح لازم نیست.

1-Fast Fourier Transform

یک روش جهت تصحیح مشخصه فاز بین دو کانال اعمال سیگنال پهن باند (برای مثال نوفه سفید) بر هر دو کانال و محاسبه نسبت انتقال پذیری در باند باریک فرکانسی می‌باشد. معمولا، آنالیزورسیگنال یک برنامه اصلاح فاز بین کانال ها برای دقت بیشتر برآورد تابع چگالی طیف عرضی دارد.



راهنما :

1 انتخاب گر کانال

2 پیش تقویت کننده

3 آنالیزورسیگنال دو کاناله

4 رایانه

a_i شتاب در درجه آزادی i

F_i نیروی انتقال یافته در درجه آزادی i

$F_{t1:i}$ نیروی اندازه‌گیری شده به وسیله مبدل۱ در درجه آزادی i

$F_{t2:i}$ نیروی اندازه‌گیری شده به وسیله مبدل۲ در درجه آزادی i

$P_i(f,\Delta f)$ طیف قدرت لرزش انتقال یافته در درجه آزادی i

شکل۵- نمودار گردشی سیگنال نوعی برای برآورد قدرت لرزش انتقال یافته به وسیله اتصالات پیچی

۵-۵ ویژگی‌های اندازه شناختی

ویژگی‌های اندازه شناختی تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های قدرت لرزش در جدول ۱ نشـان داده شـده است:

جدول۱- ویژگی‌های اندازه شناختی

تجهیزات اندازه‌گیری	محدوده ولتاژ وفرکانس	درستی
آنالیزوردو یا چند کاناله FFT	۰.۵ -۱۰۰۰ Hz ۱μV -۱۰۰ V(r.m.s)	ریپل دامنه[1] : ٪۲ اختلاف فاز بین کانال ها : $<0.1^{o}$
آماده ساز سیگنال	۰.۵ -۱۰۰۰Hz سطح نوفه الکتریکی $\geq 5\mu V$	دامنه ریپل : ٪۲ اختلاف فاز بین کانال ها : $<0.1^{o}$
مبدل نیرو	به کاربرد بستگی دارد.	عدم قطعیت کالیبراسیون: < ٪۲.۵
مبدل شتاب	به کاربرد بستگی دارد.	عدم قطعیت کالیبراسیون: < ٪۲.۵

۵-۶ تعیین حد بالای فرکانس

دستورالعمل تقریبی برای حد بالای فرکانس، $f_{\max}$ ، بر حسب هرتز، مربوط به اندازه‌گیـری‌هـای قـدرت لـرزش در ادامه آورده شده است. در روش یک مبدل نیرو :

$$f_{\max} = \frac{300}{l_b} \qquad (۱۰)$$

که در آن l_b، بر حسب متر، حاصل جمع ضخامت پایه دستگاه، پی، و مبدل‌های نیرو در روش یـک مبـدل نیـرو می‌باشد. در روش دو مبدل نیرو :

$$f_{\max} = \frac{300}{l_{b1}} \qquad (۱۱)$$

که در آن l_{b1}، بر حسب متر، حاصل جمع ضخامت پایه دستگاه، پی، و مبدل‌های نیروها در روش دو مبـدل نیـرو می‌باشد.به شکل۳ و۴ مراجعه شود.

۵-۷ انتخاب تعداد اتصالات برای شروع اندازه‌گیری

به منظور به دست آوردن درست قدرت لرزش انتشار یافته به وسیله دستگاه، یا شناسایی دقیق ناحیه‌های بحرانی انتشار قدرت لرزش در طول محیط دستگاه، بهتر است که اندازه‌گیری ها در تمامی‌اتصالات پیچی انجام شود. اگر این کار عملی نباشد، انتخاب تعداد محدودی از اتصالات پیچی برای شروع اندازه‌گیری می‌توانـد بـه صـورت زیـر

1- Amplitude ripple

انجام شود. زمانیکه دستگاه روشن است، مقادیر $r.m.s$ شتاب لرزش در راستای محورهای i=x,y,z، $a^n_{i:rms}$، بـرای همهK پایه گفته شده بدین صورت اندازه‌گیری می‌شود :

$$L_i^K = 20\lg\left[\frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{K}\left(a^n_{i:rms}\right)^2 / k}}{a_0}\right] dB \qquad (۱۲)$$

که در آن a_0 شتاب مرجع، $۱۰^{-۶}$ m/s^2، که برحسب دسی بل بیان شود. سپس انتخاب می‌کنیم، بـرای مثـال،M اتصال پیچی در محلی که اندازه‌گیری‌های قدرت لرزش جاری انجام می‌شود. با یـک حسـاب سـاده، فاصـله بـین اندازه‌گیری ها در راستای طرفین دستگاه باید کمتر از ۱m باشد.
سطح ریشه میانگین مربعات شتاب لرزش M اتصال پیچی با استفاده از فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$L_i^M = 20\lg\left[\frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{M}\left(a^n_{i:rms}\right)^2 / k}}{a_0}\right] dB \qquad (۱۳)$$

اختلاف بین ریشه میانگین مربعات K اتصال پیچی و M اتصال پیچی باید کمتر از ۱dB باشد، برای مثال:

$$L_i^K - L_i^M \le 1 dB \qquad (۱۴)$$

در غیر اینصورت، تعداد نقاط اندازه‌گیری، M، باید به مقداری نزدیک تر به تعداد کل پایه ها K افزایش یابد.

۸-۵ تعیین قدرت لرزش کل به وسیله اندازه‌گیری از تعداد محدود اتصالات

اگر طیف قدرت لرزش انتشار یافته به وسیله دستگاه فقط از M اتصال قابل اندازه‌گیری باشد، طیف قدرت لـرزش انتشار یافته کل به وسیله تمامیK اتصال به سادگی با استفاده از فرمول برون یابی زیر تعیین می‌شود:

$$p_i(f,\Delta f) = \frac{K}{M}\sum_{n=1}^{M} P_i^n(f,\Delta f) \qquad (۱۵)$$

۶ عدم قطعیت اندازه‌گیری

عدم قطعیت بوجود آمده در اندازه‌گیری‌های قدرت لرزش جاری مطابق با این قسمت استاندارد اکثرا وابسته به نسبت سختی مبدل نیرو به سختی دستگاه یا پی می‌باشد. هر چه این نسبت بیشتر باشد، عدم قطعیت کمتر است. برای مثال، سختی یک مبدل نیرو با قطر حفره ۸ mm برابر ۲×۱۰^{۹} N/m و با قطر حفره ۴۰ mm برابر ۳×۱۰^{۱۰}N/m می‌باشد اگرچه مقدار دقیق در عمل می‌تواند از مشخصات مبدل‌های نیرو به دست آید. از روی تجربه می‌دانیم که سختی دستگاه‌ها و پی‌های اصلی کمتر از $۱٫۲۵\times۱۰^{۹}$ N/m و سختی دستگاه‌ها و پی‌های کمکی کمتراز $۳٫۰\times۱۰^{۸}$ N/m می‌باشد. اگر نسبت سختی مبدل نیرو به سختی دستگاه یا پی کمتر از پنج باشد، سختی دستگاه یا پی باید در اندازه‌گیری نیرو در نظر گرفته شود.

۷ نمایش داده ها و گزارش آزمون

توصیه می‌شود گزارش آزمون حداقل شامل اطلاعات زیر باشد:

۷-۱ انجام آزمون با ارجاع به این استاندارد ملی؛

۷-۲ نام سازمانی که اندازه‌گیری ها را انجام داده است؛

۷-۳ تاریخ اندازه‌گیری؛

۷-۴ مشخصات دستگاه(نوع، جرم، ظرفیت، پشتیبآن‌ها،...)؛

۷-۵ توصیف محل،شرایط و طرح آزمون بر عایق‌های لرزش؛

۷-۶ حالت‌های عملکرد دستگاه؛

۷-۷ سطوح نوفه لرزش در تجهیزات آزمون؛

۷-۸ مشخصات مبدل‌های نیرو و لرزش؛

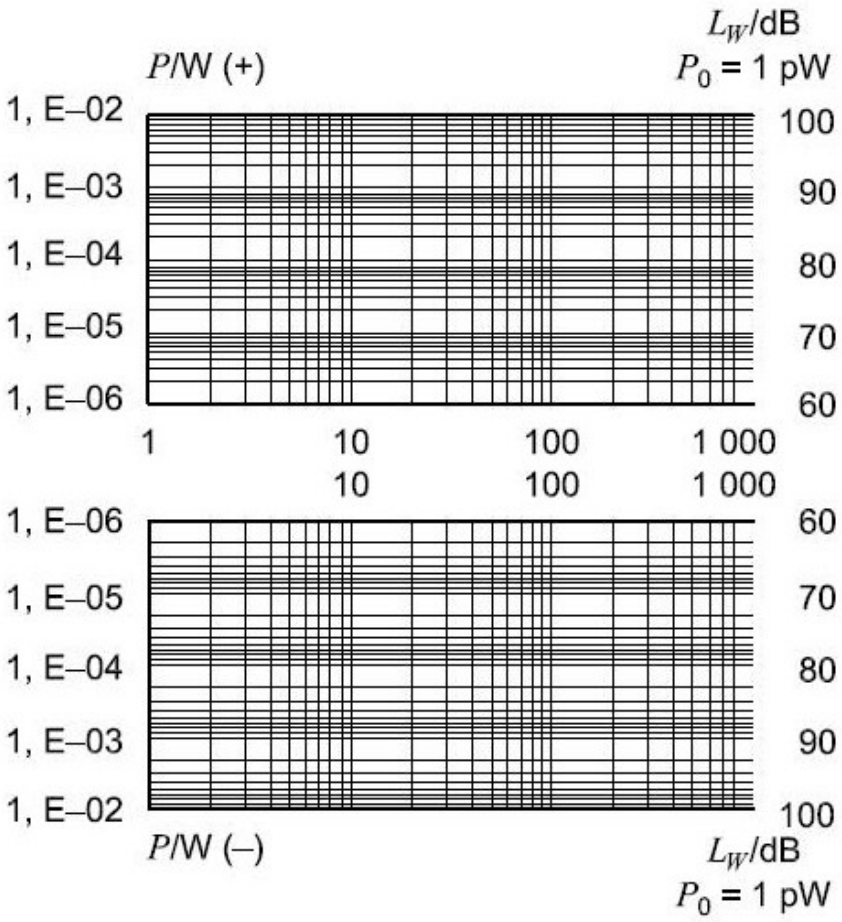
۷-۹ مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری شامل نوع،شماره سریال،تولید کننده و مشخصه‌های کالیبراسیون؛

۷-۱۰ قدرت لرزش انتقال یافته کل به وسیله دستگاه با محدوده فرکانسی تعیین شده، طیف قدرت لرزش کل به همراه تحلیل پهنای باند فرکانسی مشخص ،طیف قدرت لرزش در جهت‌های حرکت مربوطه؛

۷-۱۱ طیف قدرت لرزش کل با محدوده فرکانسی تعیین شده، طیف قدرت لرزش برای هر پیچ (بسته به خواسته مشتری یا محقق)؛

۷-۱۲ عدم قطعیت نتایج،در صورت وجود؛

۷-۱۳ نمودارهای طیف‌های قدرت لرزش به فرم لگاریتم-لگاریتم(یا دسی بل) به صورت نشان داده شده در شکل۶ یا حالت خطی- لگاریتم(یا دسی بل).



راهنما :

P قدرت لرزش

L_w سطح قدرت لرزش

P_0 مقدار مرجع، متناظر با سطح صفر قدرت لرزش

(+) مثبت

(-) منفی

شکل۶- نمودار گزارش قدرت لرزش انتقال یافته