INSO
18144-8
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۱۸۱۴۴-۸
چاپ اول
۱۳۹۴

روش‌هایی برای کالیبراسیون پیک‌آپ‌های شوک و ارتعاش- قسمت۸: کالیبراسیون اولیه با سانتریفیوژ دوگانه

Methods for the calibration of Vibration and shock pick-ups- Part 8: Primary calibration by dual centrifuge

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 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 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع 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 می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح 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 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 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 مصرف‌کنندگان، 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 استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل 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، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن ها 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

«روش‌هایی برای کالیبراسیون پیک‌آپ‌های شوک و ارتعاش- قسمت ۸: کالیبراسیون اولیه با سانتریفیوژ دوگانه»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
هاشمی عراقی، محمدرضا (کارشناسی فیزیک)	مرکز ملی اندازه‌شناسی اوزان و مقیاس‌ها
دبیر:	
هادی، کاظم (کارشناسی مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آقاپور، مجید (کارشناسی فیزیک)	آزمایشگاه کالیبراسیون رسا گستر آذر
ترکمن، لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
ثابت قدم، مرتضی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	کارشناس
ضامن‌میلانی، علی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	آزمایشگاه کالیبراسیون آذر ساوا
فولادپنجه، اکبر (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
کاظمی، علیرضا (کارشناسی فیزیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی
محرمی، محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک)	آزمایشگاه کالیبراسیون شرکت ماشین سازی تبریز

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
	پیش گفتار	ه
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	تجهیزات	۱
۳	فرکانس‌ها و دامنه‌های ترجیهی	۲
۴	روش	۲
۴-۱	روش آزمون	۲
۴-۲	بیان نتایج	۲
	پیوست الف (الزامی)- محاسبه عدم‌قطعیت	۴

پیش گفتار

استاندارد «روش‌هایی برای کالیبراسیون پیک‌آپ‌های شوک و ارتعاش- قسمت ۸: کالیبراسیون اولیه با سانتریفیوژ دوگانه» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در دویست و شصت و چهارمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۹۴/۱۱/۱۱ 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 پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 5347-8: 1993, Methods for the calibration of Vibration and shock pick-ups- Part 8: Primary calibration by dual centrifuge

روش‌هایی برای کالیبراسیون پیک‌آپ‌های شوک و ارتعاش- قسمت۸: کالیبراسیون اولیه با سانتریفیوژ دوگانه

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای کالیبراسیون پیک‌آپ‌های شوک و ارتعاش است.
این استاندارد در ویژگی‌های اندازه‌شناختی ادوات اندازه‌گیری[1] و روش اجرایی مورد استفاده برای کالیبراسیون اولیه شتاب‌سنج‌ها با استفاده از کالیبراسیون سانتریفوژ کاربرد دارد. این استاندارد برای تمام انواع شتاب‌سنج‌های خطی، استانداردهای اولیه و پیک‌آپ‌های کاری، کاربرد دارد.
این استاندارد برای گستره فرکانس از 0.7 Hz تا 10 Hz و گستره دینامیکی از $10\ m/s^2$ تا $100\ m/s^2$ کاربرد دارد.
حدود عدم‌قطعیت اعمال شده ٪ 2± مقدار قرائت شده است.

۲ تجهیزات

۲-۱ تجهیزات با قابلیت نگهداری دمای اتاق در $23\ ^\circ C \pm 3\ ^\circ C$

۲-۳ میز بالانس‌شده[2]

میزی که حول محور عمودی با سرعت زاویه‌ای یکنواخت دوران می‌کند. باید یک میز دوار کوچک با سرعت زاویه‌ای یکنواخت و مستقل در جهت معکوس به طور عمودی و خارج از مرکز روی میز نصب شود.
میزها باید به اندازه $^\circ$ 0.5± تراز شوند.
سرعت زاویه‌ای میز بزرگتر باید به اندازه ٪ 0.1± یکنواخت شود. سرعت زاویه‌ای میزکوچکتر باید به اندازه ٪ 1± یکنواخت شود.
فاصله مابین مراکز دوران دو میز باید با یک عدم‌قطعیت کمتر از ٪ 0.1± اندازه‌گیری شود.
مرکز جرم پیک‌آپ باید در مرکز دوران میز کوچکتر با عدم‌قطعیت کمتر از ٪ 0.1± فاصله مابین محورهای دورانی دو میز، قرار گیرد.

۲-۳ ادواتی برای اندازه‌گیری فرکانس دورانی

با عدم‌قطعیت ٪0.1± بیشینه مقدار قرائت شده.

۲-۴ ادوات اندازه‌گیری ولتاژ برای اندازه‌گیری خروجی واقعی شتاب‌سنج r.m.s[3]،

با عدم‌قطعیت ٪ 0.1± بیشینه مقدار قرائت شده.

1- Instrumentation
2- Balanced table
3- Root Mean Square

برای به‌دست آوردن(تک نقطه) دامنه مورد استفاده در فرمول، باید مقدار r.m.s در ضریب $\sqrt{2}$ ضرب شود.

۳ فرکانس‌ها و دامنه‌های ترجیهی

باید دامنه‌های زیر بر حسب متر بر مجذور ثانیه استفاده شوند:
۱۰ ، ۲۰ ، ۵۰ ، ۱۰۰.
باید فرکانس‌های زیر بر حسب هرتز استفاده شوند:
۰٫۷ ، ۱ ، ۲ ، ۵ ، ۱۰.
باید شتاب مرجع 100 m/s^2 (دومین انتخاب 50 m/s^2) و فرکانس 5 Hz باشد (دومین انتخاب 1 Hz).

۴ روش

۴-۱ روش آزمون

میز بزرگتر را در فرکانس‌های متفاوت تعیین شده طبق محاسبه شتاب کالیبراسیون، a، بر حسب متر بر مجذور ثانیه، از ترازهای استانداردی که در فرمول زیر استفاده می‌شود، دوران دهید.

$$a = 4\pi^2 n^2 r + \mathrm{k}$$

میز کوچکتر را مطابق فرکانس کالیبراسیون تنظیم کنید.
ضریب کالیبراسیون در فرکانس مرجع و شتاب مرجع را تعیین کنید. سپس حساسیت را در سایر فرکانس‌ها و شتاب‌ها تعیین کنید. نتایج باید به صورت درصد انحراف از ضریب کالیبراسیون بیان شوند.

۴-۲ بیان نتایج

حساسیتS، بر حسب ولت بر متر بر مجذور ثانیه، $V/(m/s^2)$، وابسته به دامنه (تک نقطه) برای هر فرکانس با فرمول زیر بیان می‌شود:

$$S = \frac{\mathrm{V}}{4\pi^2\pi^2 r + k}$$

که در آن:
n فرکانس دوران میز بزرگتر برحسب هرتز؛
r شعاع دوران، برحسب متر؛
k ضریب تصحیح که با فرمول زیر بیان می‌شود.
در پایین‌ترین میزان شتاب و در بالاترین فرکانس یا وقتی که رواداری مابین مرکز دوران میز کوچکتر و مرکز جرم پیک‌آپ را در محدوده‌های ذکرشده در بالا نمی‌توان نگه داشت، ضریب تصحیح k، باید استفاده شود. مقدار k با فرمول زیر بیان می‌شود:

$$k = 4\pi^2 e_{\mathrm{d}}(n - n_x)^2$$

که در آن:

n فرکانس دوران میز بزرگتر برحسب هرتز؛

e_d خطای موقعیتی مابین مرکز جرم پیک‌آپ و مرکز دورانی میز کوچکتر برحسب متر؛

n_x فرکانس دوران کالیبراسیون که برابر با فرکانس دوران میز کوچکتر، برحسب هرتز است.

هنگام گزارش نتایج کالیبراسیون، عدم‌قطعیت کل کالیبراسیون و سطح اطمینان متناظر، باید مطابق پیوست الف محاسبه و ارائه شود.

باید از سطح اطمینان ٪ 95 استفاده شود.

پیوست الف
(الزامی)
محاسبه عدم‌قطعیت

الف-۱ محاسبه عدم‌قطعیت کل

عدم‌قطعیت کل کالیبراسیون به‌ازای سطحِ اطمینان[1] مشخص‌شده (به‌منظور اهداف این استاندارد، مقدار CL = 95 ٪)، X_{95}، باید از طریق فرمول زیر محاسبه شود:

$$X_{95} = \pm\sqrt{X_{\mathrm{r}}^2 + X_s^2}$$

که در آن:

X_{r} عدم‌قطعیت تصادفی؛

X_{S} عدم‌قطعیت سیستمی.

عدم‌قطعیت تصادفی به‌ازای مقادیر سطح اطمینان مشخص‌شده، $X_{\mathrm{r(95)}}$، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$X_{\mathrm{r(95)}} = \pm t\left[\frac{e_{\mathrm{r1}}^2 + e_{\mathrm{r2}}^2 + e_{\mathrm{r3}}^2 + \cdots + e_{\mathrm{rn}}^2}{n(n-1)}\right]^{1/2}$$

که در آن:

e_{r1}، e_{r2} و ... انحرافات از میانگین حسابی تک‌تک اندازه‌گیری‌ها در سری‌ها هستند؛

n تعداد اندازه‌گیری‌ها؛

t مقدار توزیع تی- استودنت[2] برای سطح اطمینان مشخص‌شده و تعداد اندازه‌گیری‌ها است.

خطاهای سیستمی باید قبل از هر اقدامی حذف یا تصحیح شوند. عدم‌قطعیت باقیمانده، $X_{\mathrm{s(95)}}$، باید با فرمول زیر در محاسبات وارد شود:

$$X_{\mathrm{s(95)}} = \frac{K}{\sqrt{3}} \times e_S$$

که در آن:

K به‌ازای سطح اطمینان ٪ 95، برابر ۲ است؛

e_{S} عدم‌قطعیت مطلق برای ضریب کالیبراسیون در ترازهای کالیبره‌شده و فرکانس‌ها است، که برحسب ولت بر متر بر مجذور ثانیه بیان می‌شود (به بند الف-۲ مراجعه شود).

الف-۲ محاسبه عدم‌قطعیت مطلق برای ضریب کالیبراسیون، e_{S}، در ترازهای کالیبره شده و فرکانس‌ها

عدم‌قطعیت مطلق برای ضریب کالیبراسیون، e_{S}، برحسب ولت بر (متر بر مجذور ثانیه) بیان شده و در تراز کالیبره‌شده و فرکانس‌ها طبق قانون ترکیب خطاها از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

1- Confidence level
2- Student's t-distribution

$$\frac{e_S}{S} = \pm\left\{\left(\frac{e_V}{V}\right)^2 + \left[\frac{9.8(1-cos\alpha)}{a}\right]^2 + \left(\frac{2e_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{2e_{\Delta n}}{n_x}\right)^2 + \left(\frac{e_r}{r}\right)^2 + \left(\frac{a_{\mathrm{H}}}{a}\right)^2 + \left(\frac{k}{a}\right)^2 + \left(\frac{e_P}{P}\right)^2 + \left(\frac{2e_{n_x}}{n_x}\right)^2 + \left(\frac{2e_{\Delta n_x}}{n_x}\right)^2\right\}^{1/2}$$

که در آن:

S ضریب کالیبراسیون برحسب ولت بر (متر بر مجذور ثانیه) است (به بند ۴-۲ مراجعه شود)؛

V خروجی شتاب‌سنج برحسب ولت؛

e_V عدم قطعیت مطلق برای خروجی شتاب‌سنج، برحسب ولت؛

α خطای تراز کردن میز، برحسب درجه؛

a شتاب کالیبراسیون، برحسب متر بر مجذور ثانیه (به بند ۴-۱ مراجعه شود)؛

n فرکانس دورانی میز بزرگتر، برحسب هرتز؛

e_n عدم‌قطعیت مطلق برای فرکانس دورانی میز بزرگتر، برحسب هرتز؛

$e_{\Delta n}$ عدم‌قطعیت مطلق برای پایداری فرکانس دورانی میز بزرگتر، برحسب هرتز؛

n_x فرکانس دورانی کالیبراسیون که با فرکانس دورانی میز کوچکتر برحسب هرتز برابر است.

$e_{\Delta x}$ عدم‌قطعیت مطلق برای فرکانس دورانی میز کوچکتر، برحسب هرتز؛

$e_{\Delta nx}$ عدم‌قطعیت مطلق برای پایداری فرکانس دورانی میز کوچکتر، برحسب هرتز؛

r شعاع دوران حول مرکز عنصر جرم شتاب‌سنج برحسب متر؛

e_r عدم‌قطعیت شعاع دوران برحسب متر؛

a_H دامنه شتاب ایجاد شده از اغتشاش صوتی و نوفه برحسب متر بر مجذور ثانیه؛

k ضریب تصحیح برای شتاب ایجادشده میز کوچکتر، که مطابق بند ۴-۲، برحسب متر بر مجذور ثانیه محاسبه شده است؛

P ولتاژ اعمال‌شده به شتاب‌سنج؛

e_P عدم‌قطعیت ولتاژ اعمال‌شده به شتاب‌سنج.

الف-۳ محاسبه عدم‌قطعیت مطلق کل به ازای ضریب کالیبراسیون، e_{S_1}، بر فرکانس کامل و گستره دامنه

عدم‌قطعیت مطلق برای ضریب کالیبراسیون، e_S، که مطابق بند الف-۲ محاسبه شده است، فقط برای ترازهای کالیبره‌شده و فرکانس‌ها معتبر است. عدم‌قطعیت مطلق کل برای ضریب کالیبراسیون، e_{S_1}، برحسب ولت بر متر بر مجذور ثانیه بر فرکانس کامل و گستره دامنه از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{e_{S_1}}{S} = \pm\left[\left(\frac{e_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{L_{fA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{fP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_P}{100}\right)^2 + \left(\frac{R}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_P}{100}\right)^2\right]^{1/2}$$

که در آن:

S ضریب کالیبراسیون برحسب ولت بر (متر بر مجذور ثانیه)؛

e_S عدم‌قطعیت مطلق به‌ازای ضریب کالیبراسیون برحسب ولت بر (متر بر مجذور ثانیه) در ترازهای کالیبره‌شده و فرکانس‌ها (به بند الف-۲ مراجعه شود)؛

L_{fA} انحراف خطی فرکانس، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع برای تقویت‌کننده بیان می‌شود؛

L_{fP} انحراف خطی فرکانس، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع برای شتاب‌سنج بیان می‌شود؛

L_{aA} انحراف خطی دامنه، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع برای تقویت‌کننده بیان می‌شود؛

L_{aP} انحراف خطی دامنه، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع برای شتاب‌سنج بیان می‌شود؛

I_A عدم‌قطعیت ناپایداری برای بهره تقویت‌کننده که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع بیان می‌شود؛

I_P عدم‌قطعیت ناپایداری برای شتاب‌سنج، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع بیان می‌شود؛

R عدم‌قطعیت خطای‌تعقیب[1] برای گستره تقویت‌کننده (خطا در بهره برای تنظیمات متفاوت تقویت‌کننده)، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع بیان می‌شود؛

E_A خطای حاصله از اثرات محیطی بر روی تقویت‌کننده، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع بیان می‌شود؛

E_P خطای حاصل از اثرات محیطی بر روی شتاب‌سنج، که بر حسب درصد ضریب کالیبراسیون مرجع بیان می‌شود.

1- Tracking