

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مرجع کاربردی

کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق

نویسنده:

مهندس عبدالکریم مانانگاری

همراه کتاب حاوی عناوین زیر است:

• فیلم‌های آموزشی کالیبراسیون



■ سرشناسه: ماندگاری، عبدالکریم، ۱۳۶۴ - عنوان و نام پدیدآور: مرجع کاربردی کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق / نویسنده عبدالکریم ماندگاری. ■ مشخصات نشر: تهران: نشر ایده نگار، ۱۳۹۵.
■ مشخصات ظاهری: [۴۵۶] ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN 978 - 600 - 8304 - 01 - 2

■ وضعیت فهرست نویسی: فیا
■ یادداشت: کتابنامه: ص. [۴۵۶].
■ موضوع: ابزار اندازه گیری -- کالیبراسیون ■ موضوع: Measuring instruments -- Calibration ■ موضوع: اندازه گیری
■ موضوع: Measurement
■ رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ م ۴۲ م ۵/۱۰۰ QC ■ رده بندی دیویی: ۵۳۰/۸
■ شماره ثبت: ۴۲۹۲۹۳ ملی



..... نشر ایده نگار www.iNegar.ir

مرجع کاربردی کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق

| نویسنده: مهندس عبدالکریم ماندگاری |

| ناظر چاپ: منیر غریبی | صفحه آرا و طراح: منیر غریبی |

| انوبت چاپ: اول، پاییز ۱۳۹۵ | شماره کتاب: ۶۰۰

| شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۳۰۴-۰۱-۲ |

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به نشر ایده نگار می باشد.

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکل ممنوع است.

متخلفان بموجب قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

نشانی مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، خیابان ایرانشهر، پلاک ۱۶، طبقه سوم، واحد ۵

تلفن: ۲۱ و ۲۰ ۸۸ ۵۳ ۵۸ - کدپستی: ۱۵۸۱۶۱۷۳۵



درباره این کتاب (About this Book)

درباره این کتاب / ۱۳



فصل اول

مقدمه‌ای بر کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق (Introduction to instrument calibration)

- ۱-۱. تعریف کالیبراسیون / ۱۷
- ۲-۱. مقایسه‌ی بین کالیبراسیون و تنظیم رنج / ۱۸
- ۳-۱. مقایسه‌ی کالیبراسیون (Calibration) با تنظیم رنج مجدد (re-ranging) / ۲۰
- ۴-۱. تنظیم Span و Zero (تجهیزات ابزار دقیق آنالوگ) / ۲۲
- ۵-۱. خطای معمول در کالیبراسیون / ۲۵
- ۶-۱. سنسندسازی قبل و بعد از کالیبراسیون / ۳۱
- ۷-۱. تست بالا و تست پایین (Up-tests and Down-tests) / ۳۲
- ۸-۱. کالیبراسیون اتوماتیک / ۳۳
- ۹-۱. تنظیمات URV و LRV در دیجیتال (Digital trim) در ترانسمیترهای دیجیتال / ۳۷
- ۱۰-۱. تنظیم Damping / ۳۷
- ۱۱-۱. روش کالیبراسیون / ۵۲
- ۱۱-۱-۱. تجهیزات ابزار دقیق خطی (Linear instruments) / ۵۴
- ۱۱-۱-۲. تجهیزات ابزار دقیق غیر خطی (Nonlinear instruments) / ۵۸
- ۱۱-۱-۳. تجهیزات ابزار دقیق گسسته (Discrete instruments) / ۵۹
- ۱۲-۱. Turndown تجهیز ابزار دقیق / ۶۱
- ۱۳-۱. قابلیت ردیابی NIST (NIST traceability) / ۶۱
- ۱۴-۱. استانداردهای کالیبراسیون کاربردی (Practical calibration standards) / ۶۷
- ۱۴-۱-۱. استانداردهای الکتریکی (Electrical standards) / ۷۰
- ۱۴-۱-۲. استانداردهای دما (Temperature standards) / ۷۳
- ۱۴-۱-۳. استانداردهای فشار (Pressure standards) / ۸۴
- ۱۴-۱-۴. استانداردهای فلو (Flow standards) / ۹۳
- ۱۴-۱-۵. استانداردهای دستگاه‌های آنالایزر (Analytical standards) / ۹۶
- ۱۵-۱. کالیبراسیون و تنظیم رنج ترانسمیترهای فیلدباس / ۱۰۲
- ۱۵-۱-۱. رابط فیلدباس USB (USB Fieldbus Interface) / ۱۱۳



فصل دوم

کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری فشار (Calibration of pressure measurement equipment)

- ۱-۲. کالیبره کردن گیج فشار / ۱۱۷
- ۱-۲-۱. فرآیند کالیبراسیون گیج فشار / ۱۱۷
- ۱-۲-۲. کالیبره کردن یک گیج فشار توسط یک Dead Weight Tester / ۱۲۰
- ۱-۲-۳. کالیبراسیون عملی یک گیج فشار / ۱۲۷
- ۲-۲. کالیبراسیون ترانسمیترهای فشار / ۱۳۲
- ۲-۲-۱. اصطلاحات رایج در کالیبراسیون ترانسمیترهای فشار / ۱۳۲
- ۲-۲-۲. اصول کالیبراسیون پنج نقطه‌ای / ۱۳۳
- ۲-۲-۳. فرآیند کالیبراسیون یک ترانسمیتر DP / ۱۳۵
- ۲-۲-۴. فرآیند کالیبراسیون یک ترانسمیتر فشار مطلق / ۱۴۱
- ۲-۲-۵. چند نکته‌ی مؤثر در کالیبره کردن ترانسمیترهای فشار / ۱۴۴
- ۳-۲. کالیبراسیون یک ترانسمیتر فشار هوشمند / ۱۴۶
- ۳-۲-۱. اصول تریم سنسور (Sensor Trim) / ۱۵۰

- ۲-۳-۲. تریم خروجی آنالوگ (Analog Output Trim) / ۱۵۲
- ۳-۳-۲. فرآیند کالیبره کردن ترانسمیترهای هوشمند / ۱۵۳
- ۴-۲. راهاندازی یک ترانسمیتر هوشمند با استفاده از یک HART Communicator / ۱۵۸
- ۵-۲. تنظیم و کالیبره کردن سوئیچ فشار (Pressure Switch) / ۱۹۸
- ۶-۲. کالیبره کردن یک سوئیچ فشار تفاضلی (Differential Pressure Switch) / ۲۰۴
- ۷-۲. نحوه استفاده از کالیبراتور Fluke برای کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری فشار / ۲۱۰
- ۷-۲-۱. کالیبره کردن یک سوئیچ فشار با استفاده از یک کالیبراتور فشار Fluke / ۲۱۷



فصل سوم

کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری دما (Calibration of temperature measurement equipment)

- ۱-۳. کالیبره کردن یک ترانسمیتر دمای مجهز به سنسور RTD / ۲۲۱
- ۲-۳. کالیبره کردن یک ترانسمیتر دمای مجهز به سنسور ترموکوپل / ۲۲۹
- ۳-۳. تنظیم و کالیبره کردن یک سوئیچ دمای نوع پر شده / ۲۳۹



فصل چهارم

کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری سطح (Calibration of level measurement equipment)

- ۱-۴. اندازه‌گیری سطح با استفاده از ترانسمیتر DP / ۲۴۵
- ۲-۴. اندازه‌گیری سطح مخزن ویان با استفاده از ترانسمیتر DP / ۲۴۶
- ۳-۴. اندازه‌گیری سطح مخزن سبک با استفاده از ترانسمیتر DP / ۲۴۷
- ۴-۴. کالیبراسیون Zero Compression برای اندازه‌گیری سطح / ۲۴۸
- ۵-۴. کالیبراسیون Zero Elevation برای اندازه‌گیری سطح / ۲۵۰
- ۲-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای Displacer / ۲۵۶
- ۱-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای Displacer / ۲۶۱
- ۲-۴. کالیبراسیون ترانسمیتر سطح نوع Displacer با آب / ۲۶۶
- ۳-۴. کالیبراسیون ترانسمیتر سطح مشترک نوع Displacer با آب / ۲۶۸
- ۴-۴. کالیبراسیون ترانسمیتر سطح مشترک نوع Displacer با استفاده از وزنه / ۲۶۹
- ۳-۴. تنظیم و کالیبره کردن یک سوئیچ سطح / ۲۷۱
- ۴-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای سطح نوع رادار / ۲۷۶
- ۵-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای سطح نوع اولتراسونیک / ۲۹۶
- ۶-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای سطح نوع Guided Wave Radar / ۳۰۵
- ۷-۴. کالیبراسیون ترانسمیترهای سطح نوع خازنی / ۳۱۸



فصل پنجم

کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری فلو (Calibration of flow measurement equipment)

- ۱-۵. مقدمه‌ای بر کالیبراسیون ترانسمیترهای فلو / ۳۲۹
- ۲-۵. روش‌های کالیبراسیون فلومترهای مایع / ۳۳۷
- ۱-۲-۵. روش اثبات‌کننده‌ی پیستونی (Piston prover Method) / ۳۳۷
- ۲-۲-۵. روش اثبات‌کننده‌ی لوله‌ای (Pipe Prover Method) / ۳۴۰
- ۳-۲-۵. روش توزین (وزن سنجی) استاتیک / ۳۴۴
- ۴-۲-۵. روش توزین (وزن سنجی) دینامیک / ۳۴۶
- ۵-۲-۵. روش فلومتر مرجع (Master Meters Method) / ۳۵۱
- ۳-۵. روش‌های کالیبراسیون فلومترهای گاز / ۳۵۵
- ۱-۳-۵. بورت فیلم صابون (Soap Film Burette) / ۳۵۵
- ۲-۳-۵. سیستم اثبات‌کننده‌ی زنگی (Bell Prover System) / ۳۵۶
- ۳-۳-۵. ونچوری-نازل صوتی (Sonic Venturi-Nozzle) / ۳۵۹
- ۴-۳-۵. سیستم وزن‌سنجی برای کالیبره کردن فلومترهای گاز / ۳۵۹

- ۵-۳-۵. سیستم PVT / ۳۶۴
 ۴-۵. کالیبراسیون فلومترهای مغناطیسی / ۳۶۷
 ۵-۵. کالیبراسیون فلومترهایی با خروجی پالسی / ۳۷۱
 ۱-۵-۵. K-factor / ۳۷۳
 ۲-۵-۵. Meter factor / ۳۷۴



فصل ششم کالیبراسیون کنترل ولو (Control valve calibration)

- ۱-۶. تنظیم اسمبلی یک کنترل ولو / ۳۷۷
 ۲-۶. مراحل کالیبراسیون یک کنترل ولو / ۳۷۹
 ۱-۶. مرحله عملی کالیبراسیون یک کنترل ولو Air To Open / ۳۸۱
 ۲-۶. مرحله عملی کالیبراسیون یک کنترل ولو Air To Close / ۳۸۲
 ۳-۶. کالیبراسیون پوزیشنر ولو / ۳۸۴
 ۱-۳-۶. کالیبراسیون پوزیشنر مدل ۳۵۸۲ شرکت Fisher / ۳۸۵
 ۲-۳-۶. کالیبراسیون پوزیشنر مدل SIPART PS2 شرکت Siemens / ۳۹۳
 ۴-۶. کالیبره کردن ترانسیدوسر جریان به فشار (I/P) / ۴۰۴



پیوست (Appendix)

- پیوست: جداول دما - EMF اثرات گرمایی / ۴۱۱

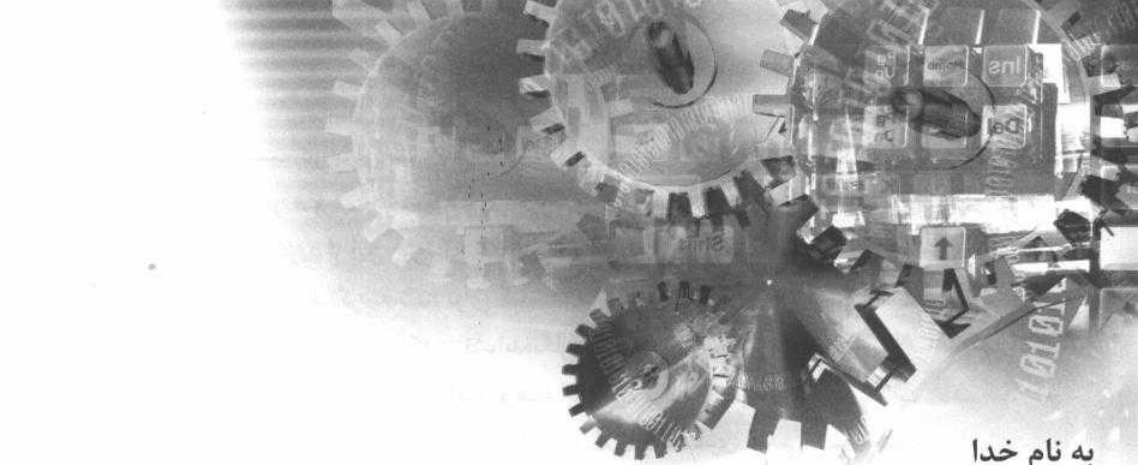


واژه‌نامه (Glossary)

- واژه‌نامه فارسی / ۴۴۷



فهرست منابع / ۴۵۵



به نام خدا

مقدمه ناشر

ن وَالْقَلَمِ وَمَا يَنْتُزِعُ

سوگند به قلم و آنچه می نویسد و خداوند به قلم سوگند یاد می کند، شاید از آن رو که قلم پیونددهنده انسان هاست به سبب آنکه می نویسد. و همین قلم، نماد فرهنگ و تمدن و پیشرفت است زیرا هنگامی که دانش به سبب نشر آن فراگیر شد، موجب پیشرفت شده و تمدن ساز خواهد شد. شاید وضعیت سرانه کتابخوانی و بیابیلی گسترش و مستندسازی یافته ها و آموخته ها در بین دانش آموخته های امروز سرزمین ما، بی ربط با عقب ماندگی کشورمان از قافله علم و فناوری نباشد. در حالی که قدمت نظام آموزشی در کشور ما بیشتر از تاریخ برخی از کشورهایی است که امروزه در دنیای فناوری پیشرو هستند، ناکارآمدی روش های آموزشی در مراکز آموزشی و دانشگاه های ما بر کسی پوشیده نیست. تغییر این شرایط عزم جدی می طلبد و بر همه ماست که دست به قلم ببریم و هر آنچه آموختیم را به کتابت درآوریم که رسوای مهربانی فرموده است، دانش را به نوشتن در اختیار بگیرید و از علی ابن ابیطالب است که دانش را با نوشتن پایبند کنید زیرا آنچه حفظ شود بگریزد و آنچه نوشته شود برقرار ماند. رشد فرهنگ نوشتن و مطالعه می تواند در درازمدت سبب رشد دانش و زمینه ساز پیشرفت بنیادین کشور شود.

ما و همکارانمان در نشر ایده نگار خداوند بزرگ را سپاس می گوئیم که فرصتی را فراهم نمود تا در خدمت نشر ایده ها و دانش متخصصین ارزنده کشورمان باشیم.

مزید امتنان خواهد بود شما خوانندگان و سروران گرامی ضمن پیگیری اخبار مربوط به کتاب های نشر ایده نگار در پایگاه اینترنتی انتشارات به آدرس www.iNegar.ir، با نقد این آثار و ارائه نظرات و پیشنهادات خود ما را در ارتقای کیفیت آثار یاری نمایید و موجب بهبود کیفیت علمی آثار نویسندگان شوید. همچنین در صورت تمایل می توانید کتاب ها و نرم افزارهای فنی و مهندسی را از طریق فروشگاه ایده نگار به آدرس www.Shop.iNegar.ir سفارش دهید و توسط

پیک و یا پست در محل مورد نظر خود تحویل بگیرید. این فروشگاه دارای نماد اعتماد الکترونیکی می‌باشد و در صورت خرید بیشتر از میزان تعریف شده، ارسال محصولات رایگان خواهد بود. از مزایای دیگر خرید از این فروشگاه علاوه بر صرفه‌جویی در وقت گرانیهای شما عزیزان، بهره‌مندی از تخفیف‌های در نظر گرفته شده برای کتاب‌ها می‌باشد.

در پایان از تک‌تک عزیزانی که در نشر ایده‌نگار در آماده‌سازی و چاپ این اثر نقش داشته‌اند کمال تشکر و سپاس را داریم. به امید سربلندی ایران و همه ایرانیان

هادی غریبی - سعید غریبی

نشر ایده‌نگار

www.ketab.ir



دبیاچه نویسنده

تعاریف متعددی برای کالیبراسیون ارائه شده است، که مهمترین آنها عبارتند از:

- مقایسه‌ی تجهیز ابزار دقیق با یک مرجع استاندارد، جهت اطمینان از دقت و سلامت آن و تعیین میزان خطای دستگاه در حال تست نسبت به دستگاه مرجع استاندارد و در صورت لزوم تنظیم دستگاه در مقایسه با استانداردهای مربوطه.

- مقایسه‌ی دو سیستم یا وسیله‌ی اندازه‌گیری (یکی با عدم قطعیت معلوم و دیگری با عدم قطعیت نامعلوم) که به‌منظور محاسبه‌ی عدم قطعیت وسیله‌ای که عدم قطعیت آن نامعلوم است انجام می‌پذیرد را کالیبراسیون می‌نامند.

- مجموعه‌ای از عملیات که تحت شرایط مشخصی برقرار می‌شود و رابطه‌ی بین مقادیر نشان داده شده توسط وسیله‌ی اندازه‌گیری و مقادیر متناظر آن کمیت توسط استاندارد مرجع را مشخص می‌نماید. معمولاً عدم قطعیت دستگاه از اقل دقیق نسبت به زمان و با استفاده‌های مکرر از آن افزایش می‌یابد. شناسایی رشد تدریجی عدم قطعیت و افزایش آن به‌راحتی توسط کاربران و اپراتورها امکان‌پذیر نمی‌باشد. از اینرو، به‌منظور اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات ابزار دقیق و کنترل کیفیت اجزای آنها نیاز به کالیبراسیون مجدد دستگاه می‌باشد. همچنین، با کالیبراسیون مجدد می‌توان عوامل و اجزایی از دستگاه که کیفیت خود را از دست داده‌اند را شناسایی کرد. از اینرو، دستگاه‌های اندازه‌گیری باید به‌طور دوره‌ای کالیبره شوند.

هدف از کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق، ایجاد نظامی مؤثر، به‌منظور کنترل صحت و دقت پارامترهای اندازه‌گیری و کلیه‌ی تجهیزاتی است که عملکرد آنها بر کیفیت فرآیند تأثیرگذار می‌باشد. این کار به‌منظور اطمینان از تطابق اندازه‌گیری‌های انجام شده با استانداردهای جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اهداف اصلی کالیبراسیون به شرح زیر است:

۱- اطمینان از قرائت‌هایی که از دستگاه صورت می‌گیرد.

۲- تعیین درستی مقادیر خوانده شده از دستگاه.

۳- استقرار قابلیت ردیابی دستگاه به استانداردهای مرجع.

عدم وجود منبعی ساده، عملی و به‌روز در مورد این مبحث مهم و حیاتی، اینجانب را بر آن داشت که کتابی را با همین موضوع جمع‌آوری، ترجمه و تألیف کنم. در این مجموعه علاوه بر مبانی و اصول کالیبراسیون تجهیزات ابزار دقیق، روش کالیبراسیون پرکاربردترین تجهیزات اندازه‌گیری و کنترلی مورد استفاده در صنایع مختلف نیز مورد بحث قرار گرفته است.

این مجموعه در اصل برای تکنسین‌ها و کارشناسان ابزار دقیق که هر روزه با این تجهیز سر و کار دارند تألیف شده است. اما خواندن آن برای تازه‌کاران باعث پیشرفت سریع در یادگیری عملی و

مهارت در کار خواهد شد. توجه به نکات و توصیه‌های ذکر شده در این کتاب، دید عملی خواننده را باز کرده و او را در هر چه بهتر انجام دادن وظایف محوله یاری می‌کند.

در اینجا برخود واجب می‌دانم از مساعدت تمامی همکاران و دوستانی که اینجانب را در پیشرفت و تعالی یاری نموده‌اند به‌ویژه جناب مهندس محمد هاشم زحلی نژاد، مهندس نادر توصیفی و جناب آقای محسن محسنی تشکر و قدردانی صمیمانه‌ی خود را مبذول نمایم. همچنین جا دارد که در همینجا از جناب مهندس مهدی نصیبی که از راهنمایی‌های ایشان در جهت تألیف بخشی از این کتاب بهره برده‌ام تشکر و قدردانی کنم. به‌طور یقین این اثر خالی از اشکال نیست. لذا کمبودها را در صورت امکان به دیده‌ی اغماض بنگرید و در صورت تمایل، انتقادات و پیشنهادات خود را از طریق آدرس پست الکترونیکی Mandegari@iNegar.ir با اینجانب در میان بگذارید. پیشاپیش از توجه و حسن نیت شما دانش‌آموز عزیز کمال سپاس و قدردانی را دارم.

عبدالکریم ماندگاری

شهریور ۱۳۹۵