

نویسندگان

زینب ستاریان^{۱*}آزاده رضا^۲

I.Sattarian@yahoo.com

CALIBRATION

I.D. NO. _____

BY _____ DATE _____

DUE _____

تعیین فاصله زمانی کالیبراسیون

چکیده

برای حصول اطمینان از کیفیت یک محصول، باید ابزارها از صحت و دقت عملکرد لازم برخوردار باشند؛ به همین منظور، مفهوم کالیبراسیون و ابزارهای اندازه‌گیری مطرح می‌شود. تنها کالیبراسیون صحیح و دوره‌ای، به نتایج خروجی دستگاه‌ها کیفیت می‌بخشد. با انجام کالیبراسیون به دنبال یافتن ویژگی‌های اندازه‌شناختی دستگاه هستیم تا در صورت نیاز، اصلاحات لازم انجام شود. اغلب استانداردهای مدیریت کیفیت در بخش الزامات فنی، از کالیبراسیون تجهیزات نام برده و آن را الزام نموده‌اند. به منظور انجام عملیات کنترل وسایل، پایش و اندازه‌گیری در صنایع، باید برنامه زمانی کالیبراسیون را تعیین نمود. هدف از نگارش این مقاله، تعیین حداکثر فاصله زمانی واقعی میان تأییدهای متوالی استانداردها و تجهیزات اندازه‌گیری است. تعیین زمان فواصل کالیبراسیون دوره‌ای دستگاه‌های اندازه‌گیری یکی از عوامل مؤثر سیستم کالیبراسیون در یک نظام کالیبراسیون است.

واژه‌های کلیدی

کالیبراسیون، ویژگی‌های اندازه‌شناختی، کالیبراسیون دوره‌ای.

مقدمه

کالیبراسیون در واقع ایجاد نظامی مؤثر، به منظور کنترل صحت و دقت عوامل مترولوژیکی دستگاه‌های آزمون و وسایل اندازه‌گیری و کلیه تجهیزاتی است که عملکرد آنها بر کیفیت فرآیند تاثیرگذار است که به منظور اطمینان از تطابق اندازه‌گیری‌های انجام شده با استانداردهای جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱].

جنبه‌های مهم در انجام کالیبراسیون عبارتند از:

- کیفیت نتایج آزمایشگاه کالیبراسیون؛
- کیفیت و درستی وسایل (اندازه‌گیری) مورد استفاده؛
- نگهداری سوابق کالیبراسیون.

در کالیبراسیون، درک مفهوم تنظیم بسیار حایز اهمیت است. تنظیم، مجموعه فعالیت‌هایی است که تجهیزات اندازه‌گیری را در وضعیت کارکرد مناسب و مطمئن برای استفاده قرار می‌دهد که می‌تواند به صورت خودکار، نیمه خودکار یا دستی باشد؛ مانند تنظیمات الکترونیکی یا مکانیکی که توسط کارکنان تعمیراتی و مطابق با توصیه سازنده یا تجارب کاری و براساس نقشه‌ها و دستورالعمل‌های سرویس انجام می‌گیرد. باید توجه داشت پس از تعمیر هر وسیله اندازه‌گیری، ابتدا آن را تنظیم نمود تا مقدار نشان داده شده به وسیله آن در محدوده مجاز از قبل مشخصی قرار گیرد و سپس آن را در مقایسه با استانداردهای اندازه‌گیری (مقادیر مرجع) کالیبره و مقدار اختلاف با مرجع و عدم قطعیت اندازه‌گیری آن را تعیین نمود [۲].

کالیبراسیون مجموعه عملیاتی است که در شرایط مشخص، میان نشاندگی یک دستگاه یا سیستم اندازه‌گیری، یا مقدار

یک سنجه مادی یا ماده مرجع و مقدار متناظر آن که از استانداردهای اندازه‌گیری به‌دست می‌آید، رابطه‌ای برقرار می‌نماید. بخش عمده‌ای از کالیبراسیون‌ها در آزمایشگاه‌های آزمون، دربرگیرنده فرآیند ساخت منحنی کالیبراسیون، اصلاح و کنترل منحنی‌های کالیبراسیون (کالیبراسیون مجدد) با استفاده از نمونه‌های مرجع گواهی شده^۴ یا مواد مرجع^۵ است که غالباً توسط کاربران تجهیزات صورت می‌گیرد. بخش دیگری از کالیبراسیون، شامل کالیبراسیون ابزارهای دقیق مانند کالیبراسیون محیط‌های دمائی مانند کوره، آون و غیره، کالیبراسیون ترازوهای آزمایشگاهی، حس‌کننده‌ها و نمایشگرهای فشار، دما، رطوبت و ابزارهای اندازه‌گیری عقربه‌ای یا دیجیتالی طول و ابعاد مانند متر، کولیس، میکرومتر و غیره است [۳].

تعریف کالیبراسیون

فعالیت‌های اجرایی ذکر شده، باید در دوره‌های زمانی معین و قابل بازنگری، با توجه به شرایط، تعریف و در زمان‌های مقرر، به‌صورت نظام‌مند به کارشناسان و تکنسین‌های مربوطه اعلام شود تا نتیجه کار را در سیستم اطلاعات مدیریت یا بانک اطلاعاتی نگهداری و تعمیرات، ثبت نمایند.

ثبت سوابق باید حداقل شامل موارد زیر باشد تا در طول چرخه عمر مفید تجهیز، بتوان فعالیت‌های انجام شده و عیوب پیش آمده را ردیابی و تا جای ممکن در مواردی که عیوب مشابه پیش می‌آید اقدام سریع و مطمئن انجام شود و به‌صورت نظام‌مند به دانش فنی منتقل شود:

- ◆ فعالیت انجام گرفته و نتیجه (نتایج) آن؛
- ◆ قطعات یدکی و مواد مصرفی استفاده شده؛
- ◆ انجام دهندگان فعالیت حداقل شامل تخصص و در صورت امکان نام و مشخصات؛
- ◆ نفر ساعت فعالیت (مجموع ساعات کار تمامی افراد)؛
- ◆ زمان و تاریخ شروع و پایان فعالیت [۳].

برای این‌که یک اندازه‌گیری معتبر باشد و از طرف طرفین مورد قبول قرار بگیرد باید با یک استاندارد مشترک، از طریق یک سری مقایسه زنجیره‌ای و قابل ردیابی انجام شود. آزمایشگاه‌های کالیبراسیون در حکم حلقه‌های این زنجیر هستند که یک اندازه‌گیری را مطابق با استاندارد مرتبط صحه‌گذاری می‌کنند. [۴]. در کالیبراسیون، اندازه‌گیری انجام شده با استفاده از وسیله مورد آزمون، با مقادیر اندازه‌گیری شده به کمک وسیله با درستی بسیار بهتر مقایسه می‌شود تا خطاهای وسیله مورد آزمون مشخص شود. خطاها در صورتی قابل قبول هستند که در محدوده مجاز، طبق استاندارد قرار گیرند [۵]. تمامی وسایل اندازه‌گیری قبل از اولین استفاده باید کالیبره شوند تا به تمامی تنظیمات انجام شده روی آن‌ها اطمینان حاصل شود.

مفهوم «تصدیق کالیبراسیون» و کالیبراسیون یکی نیست. اغلب سازندگان، همراه وسیله فروخته شده، یک گواهی تصدیق کالیبراسیون ارائه می‌نمایند که نباید آن را با گواهی کالیبراسیون اشتباه گرفت. گواهی تصدیق به این معنی است که به خریدار و استفاده کننده وسیله اندازه‌گیری، این اطمینان را می‌دهد که مقادیر نشان داده شده به وسیله تجهیز فروخته شده در محدوده

مجاز از نظر سازنده قرار دارد؛ این محدوده مجاز ممکن است با استفاده از تنظیم (نه کالیبراسیون) وسیله، محقق شده باشد یا فرآیند تولید وسیله اندازه‌گیری به‌گونه‌ای کنترل شده باشد که در نهایت آن را در محدوده مجاز قرار دهد. در هر صورت، این گواهی (تصدیق) به معنی تضمین کالیبره بودن آن نیست و غالباً سازنده یا فروشنده وسیله، هزینه جداگانه‌ای را برای کالیبراسیون در یک مرکز کالیبراسیون معتبر و دارای صلاحیت از خریدار طلب می‌نماید که این هزینه غالباً کم نیست. همچنین محتوای این دو گواهی نیز با هم تفاوت عمده دارد، در گواهی کالیبراسیون نتایج نقاط کالیبره شده همان وسیله فروخته شده ثبت شده‌است در حالی که در گواهی تصدیق چنین مورد خاصی وجود ندارد [۲].

توصیه می‌شود کالیبراسیون طبق روش‌های مکتوب انجام گیرد. کالیبراسیون فقط ارائه گواهینامه و برچسب زدن نیست، بلکه اعتبار بخشیدن به تمام اندازه‌گیری‌هایی است که در مراکز صنعتی انجام می‌گیرد. هدف از کالیبراسیون، یکسان نمودن نتایج آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها در سطح جهانی است؛ یعنی اگر یک اندازه‌گیری و آزمایش در یکی از نقاط دور افتاده ایران انجام گیرد باید با نتایجی که در پیشرفته‌ترین کشورهای جهان به‌دست می‌آید یکسان باشد؛ بنابراین می‌توان گفت: کالیبراسیون به معنی درستی، اعتماد و اطمینان، هم‌خوانی، وحدت و رسیدن به مقدار واقعی کمیت است [۶].

به‌منظور کنترل وسایل، پایش و اندازه‌گیری در صنایع، باید برنامه زمانی کالیبراسیون را تعیین نمود که تعیین این زمان مستلزم عوامل زیادی از قبیل نوع تجهیز، کارخانه سازنده، اطلاعات مربوط به انحراف مقادیر به‌دست آمده قبلی، طول زمان استفاده، شرایط محیطی و غیره است. پیش از پیدایش علم مدیریت کیفیت در جهان و فراگیر شدن آن، بحث مربوط به کنترل تجهیزات، پایش و اندازه‌گیری در صنایع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌است. یکی از جنبه‌های مهم کارایی یک نظام کالیبراسیون، تعیین حداکثر فاصله زمانی واقعی میان تأییدهای متوالی استانداردها و تجهیزات اندازه‌گیری است. تعیین زمان فواصل کالیبراسیون دوره‌ای دستگاه‌های اندازه‌گیری یکی از عناصر مؤثر یک سیستم کالیبراسیون در یک نظام کالیبراسیون است [۷].

عوامل زیادی در تعیین این زمان مؤثرند که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است: ۱- نوع وسیله (دستگاه)؛ ۲- پیشنهاد و توصیه

۲) افزایش دوره کالیبراسیون

وقتی تجهیزات اندازه‌گیری مشکلی در عدم پایداری نداشته باشند، بازه کالیبراسیون آنها می‌تواند طولانی شود. اگر حداقل سه بار از دفعات کالیبراسیون بدون مشکل باشد و مشخصات کالیبراسیون ابزار اندازه‌گیری با دفعات قبل یکسان باشد می‌توان بازه کالیبراسیون را طولانی نمود. باید توجه داشت که طولانی نمودن بازه زمانی کالیبراسیون نباید بیشتر از ماکزیمم بازه زمانی کالیبراسیون تجهیز شود. همچنین در صورتی که ابزار اندازه‌گیری (اول) که قابلیت پایداری بیشتری دارد به موازات ابزار اندازه‌گیری (دوم) استفاده شود، می‌توان بازه کالیبراسیون (دستگاه دوم) را مطابق (دستگاه اول) انتخاب نمود. در ضمن، هنگامی که ابزار اندازه‌گیری در محل استفاده شود که سازنده آن ابزار، موارد دقیق‌تر از محل استفاده را پیش‌فرض قرار دهد، فرکانس کالیبراسیون می‌تواند افزایش یابد.

۳) کاهش دوره کالیبراسیون

وقتی ابزار اندازه‌گیری از مشخصات تعیین شده خود انحراف بالایی داشته باشد (خطا بیشتر از ۸۰ درصد خطای مجاز باشد) دستورالعمل زیر باید انجام شود. در مواقعی که این انحراف از طریق خرابی ابزار یا استفاده نادرست از آن ایجاد شود باید علت خرابی یا عدم استفاده صحیح مشخص شود و اقدام اصلاحی لازم و همچنین در صورت نیاز آموزش لازم برای بالا بردن مهارت اپراتور برای جلوگیری از وقوع حوادث مشابه صورت پذیرد. در مواقعی که ابزار به دلیل وجود علل سیستماتیک، انحرافی در آن ایجاد شود، بازه زمانی کالیبراسیون باید به نصف بازه زمانی اولیه تغییر یابد و بررسی شود که آیا بازه زمانی ابزار مشابه نیز باید تغییر کند یا خیر [۹]. برای مثال، برای تعیین فواصل زمانی کالیبراسیون تجهیزات مطابق استاندارد OIML D10 در فرم شماره (۱) به‌منظور هر یک از عوامل مهم ذکر شده، وزن مشخص و درجه اهمیتی تعیین شده‌است که وزن فوق برای تمامی تجهیزات ثابت است و درجه اهمیت برای هر کدام از عوامل می‌تواند متفاوت باشد. در نهایت، مجموع حاصلضرب وزن و درجه اهمیت عوامل، عددی را مشخص می‌کند که با توجه به قرار گرفتن عدد مذکور در محدوده ذکر شده در فرم شماره (۲) دوره زمانی کالیبراسیون تعیین می‌شود. دوره زمانی کالیبراسیون براساس روش تنظیم پلکانی بازنگری خواهد شد. به این صورت که بعد از انجام فرآیند کالیبراسیون در صورتی که نتایج در محدوده خطای مجاز باشد زمان بعدی کالیبراسیون شش ماه افزایش می‌یابد و در صورتی که نتایج در محدوده خطای مجاز نباشد زمان بعدی کالیبراسیون شش ماه کاهش می‌یابد.

کارخانه سازنده؛ ۳- اطلاعات مربوط به انحراف مقادیر به‌دست آمده از روی سوابق کالیبراسیون قبلی؛ ۴- سوابق تعمیر و نگهداری دستگاه؛ ۵- طول زمان استفاده، تعداد دفعات استفاده و چگونگی استفاده از دستگاه؛ ۶- تمایل به فرسودگی و تغییر تدریجی با گذشت زمان؛ ۷- تعداد دفعات کیفیت بازرسی کالیبراسیون‌ها در داخل سازمان؛ ۸- تکرار آزمون ضربدری دستگاه با دستگاه‌های دیگر به ویژه استانداردهای اندازه‌گیری؛ ۹- شرایط محیطی (دما، رطوبت، ارتعاش و غیره)؛ ۱۰- دقت اندازه‌گیری مورد نظر (در نظر گرفته شده) [۸].

در تعیین فواصل کالیبراسیون، هزینه‌های کالیبراسیون را نمی‌توان نادیده گرفت که این خود ممکن است عامل محدود کننده به شمار آید. بنابراین، با توجه به عوامل فوق، آشکار است که جدول فواصل کالیبراسیون یکنواختی را نمی‌توان تهیه نمود. باید ابتدا جدول اولیه‌ای تهیه شود و سپس با توجه به موقعیت‌های خاص در آن تغییراتی ایجاد گردد. به هنگام تعیین فواصل کالیبراسیون مجدد هر وسیله اندازه‌گیری، دو معیار اساسی و متناقض وجود دارند که لازم است به موازنه درآیند که عبارتند از: الف) خطر احتمالی ناشی از به کارگیری یک وسیله اندازه‌گیری در خارج از حدود تolerانس آن که باید تا حد امکان کاهش یابد. ب) هزینه‌های کالیبراسیون سالیانه که باید در حداقل نگه داشته شوند [۷].

بازنگری فاصله زمانی کالیبراسیون

سیستمی که فواصل زمانی بین دو تأییدیه را، پس از تعیین اولیه، بازبینی نکند قابل اطمینان نیست. در بازبینی باید دو عامل ریسک و قرار نگرفتن وسیله در محدوده مجاز کارکرد، در فواصل بین مورد تأیید را در نظر گرفت و همچنین هزینه هر بار آزمون و تأییدیه را نیز مورد توجه قرار داد. به‌منظور بهینه‌سازی بین هزینه و ریسک، باید تناوب کالیبراسیون به طور مداوم مورد بازنگری قرار گیرد. داده‌های حاصل از سوابق تأیید اندازه‌شناسی و کالیبراسیون و پیشرفت‌های دانش و فناوری می‌تواند در تعیین فواصل زمانی مورد استفاده قرار گیرد. در تصمیم‌گیری برای اصلاح فواصل اندازه‌شناختی، سوابق حاصل از فنون کنترل آماری می‌تواند مفید باشد. در بازنگری فاصله زمانی، کالیبراسیون تجهیزات به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱) عدم تغییر دوره کالیبراسیون؛
- ۲) افزایش دوره کالیبراسیون؛
- ۳) کاهش دوره کالیبراسیون.

۱) عدم تغییر دوره کالیبراسیون

هر زمان یک ابزار براساس یک رویه مشخص کالیبره شود، اگر خطای ابزار از ۸۰ درصد ماکزیمم خطای مجاز تجاوز نکرده باشد آنگاه بازه زمانی آن می‌تواند تمدید شود.

نتیجه گیری

در کالیبراسیون، درک مفهوم تنظیم بسیار حایز اهمیت است. تمامی وسایل اندازه گیری قبل از اولین استفاده باید کالیبره شوند تا به تمامی تنظیمات انجام شده روی آن‌ها اطمینان حاصل شود. هدف از کالیبراسیون، یکسان نمودن نتایج آزمایش‌ها و اندازه گیری‌ها در سطح جهانی است. یکی از جنبه‌های مهم کارآیی یک نظام کالیبراسیون، تعیین حداکثر فاصله زمانی واقعی میان تأییدهای متوالی استانداردها و تجهیزات اندازه گیری است. در تعیین فواصل کالیبراسیون هزینه‌های کالیبراسیون را نمی‌توان نادیده گرفت که این خود ممکن است عامل محدود کننده به شمار آید. سیستمی که فواصل زمانی بین دو تأییدیه را، پس از تعیین اولیه بازبینی نکند قابل اطمینان نیست.

پی نوشت

۱. کارشناس ارشد مهندسی متالورژی، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
۲. کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
۳. عضو کارگروه تخصصی استاندارد و کالیبراسیون شبکه آزمایشگاهی فناوری‌نانو
4. Certified Reference Material (CRM)
5. Reference Material (RM)

فرم شماره ۱ - تعیین درجه اهمیت عوامل تأثیرگذار در تعیین دوره کالیبراسیون تجهیزات

ردیف	معیار ارزیابی	امتیاز	امتیاز	امتیاز	امتیاز
۱	توصیه شرکت سازنده	یک ساله یا عدم توصیه	۱	دو ساله	۰/۸
۲	نتایج حاصل از کنترل‌های میانی	نتایج در محدوده ۵۰ درصد خطای مجاز قرارداد	۰/۳	نتایج در محدوده ۵۰-۷۰ درصد خطای مجاز قرارداد	۰/۸
۳	میزان و شرایط استفاده	از دستگاه به عنوان استاندارد کاری برای نمونه‌های مشتری استفاده می‌شود.	۱	از دستگاه به عنوان ابزار کاری فقط برای آزمون استفاده می‌شود.	۰/۸
۴	شرایط محیطی استفاده از تجهیز	داخل آزمایشگاه	۰/۵	کارگاه یا محل مشتری	۱
۵	درستی اندازه گیری مورد نیاز	به عنوان تجهیز مرجع استفاده می‌شود.	۱	برای نمونه‌های مشتری استفاده می‌شود.	۰/۸
۶	دوره زمانی مقایسه بین آزمایشگاهی یا مقایسه با دیگر تجهیزات	۶ ماهه (نتایج تطابق مناسبی دارد.)	۰/۳	سالانه (نتایج تطابق مناسبی دارد.)	۰/۷
۷	نوع وسیله	دارای نشانگر دیجیتال	۱	فاقد نشانگر دیجیتال	۰/۸
۸	سوابق سرویس، تعمیر و نگهداری	سوابق ندارد	۰/۱	یک بار	۰/۵
۹	تمایل به فرسودگی و تغییر تدریجی با مرور زمان	در دو دوره کالیبراسیون متوالی خارج از محدوده مجاز بوده و تنظیم شده‌است.	۱	در دو دوره کالیبراسیون متوالی خارج از محدوده مجاز نبوده و تنظیم نشده‌است.	۰/۵
۱۰	روند داده‌های به دست آمده از سوابق کالیبراسیون قبلی	انحرافی در روند داده‌ها نبوده است.	۰/۳	انحراف در محدوده ۵۰-۸۰ درصد وجود داشته است.	۰/۸
۱۱	جابجایی تجهیزات	در برابر جابجایی حساس است.	۱	در برابر جابجایی حساس نیست.	۰/۵

فرم شماره ۲

نام دستگاه / ابزار کنترلی:				تاریخ تکمیل فرم:		
ردیف	معیار ارزیابی	وزن	امتیاز	حاصلضرب وزن در امتیاز		
۱	توصیه شرکت سازنده	۱۲				
۲	نتایج حاصل از کنترل‌های میانی	۱۰				
۳	میزان و شرایط استفاده	۱۰				
۴	شرایط محیطی استفاده از تجهیز	۱۰				
۵	درستی اندازه‌گیری مورد نیاز	۱۰				
۶	دوره زمانی مقایسه بین آزمایشگاهی یا مقایسه با دیگر تجهیزات	۱۰				
۷	نوع وسیله	۱۰				
۸	سوابق سرویس، تعمیر و نگهداری	۸				
۹	تمایل به فرسودگی و تغییر تدریجی با مرور زمان	۸				
۱۰	روند داده‌های به‌دست آمده از سوابق کالیبراسیون قبلی	۶				
۱۱	جابجایی تجهیزات	۶				
مجموع امتیاز کل کسب شده:						
مجموع امتیاز	کمتر از ۵۰	۵۵-۵۰	۶۵-۵۵	۷۰-۶۵	۷۵-۷۰	۸۰-۷۵
دوره کالیبراسیون	۴ ساله	۳ ساله	۲ ساله	۱ ساله	۶ ماهه	۳ ماهه

مراجع

- [۱] علی مهران اصفهانی، «تعیین زمان واقعی کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری ابعادی در صنعت برق و دیگر صنایع»، پنجمین همایش کیفیت و بهره‌وری در صنعت برق، ۱۳۸۳.
- [۲] محسن جزمی، «تعریف کالیبراسیون» ۱۳۸۸، ۲۰۰۸ vim.
- [۳] محسن جزمی، «نگهداری و تعمیرات تجهیزات آزمایشگاه‌های آزمون در صنایع»، ۱۳۸۸.
- [۴] <http://www.nri.ac.ir/Group.aspx>
- [۵] محسن جزمی، «توصیه‌های انجمن ابزار دقیق آمریکا (ISA) در مورد کالیبراسیون (در صنایع و کارگاه‌های تولیدی)»، ۱۳۸۸.
- [۶] مرتضی صادقی‌نژاد، «نقش و اهمیت کالیبراسیون در صنعت»، ۱۳۸۹.
- [۷] کالیبراسیون دستگاه سونوگرافی، سینا صادقی - دکتر بهزاد یثربی - وحید اصل زارع، ماهنامه مهندسی پزشکی، شماره ۱۴۲، ۱۳۹۱.
- [۸] OIML D10, "Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments", 2007.
- [۹] V.Oyj, "CALIBRATION BOOK", 2006.