



سیمان هگمتان

نگاهی جدید به موضوع کالیبراسیون تجهیزات صنعتی جهت کاهش زمان و هزینه

محمدرضا توشه خواه^۱^۱ لیسانس برق گرایش الکترونیک، آزمایشگاه الکترونیک واحد برق، کارخانه سیمان گیلان سبز،

Hashoot.r@gmail.com



سیمان ایلان

چکیده

در این مقاله، به موضوع کالیبراسیون تجهیزات صنعتی پرداخته می شود. کالیبره و تعاریف آن ارائه می شود و لزوم وجود کالیبره در صنایع مورد بررسی قرار می گیرد و شیوه های مختلف آن معرفی می شود. در نهایت به دنبال ارائه راهی برای کاهش زمان انجام هر کالیبره و کاهش هزینه های تحمیلی آن در تولید می گردیم.

کلمات کلیدی

کالیبراسیون، کالیبراتور، دقت، تفکیک پذیری، درستی، عیب یابی

۱- مقدمه

درک لزوم کالیبره تجهیزات و کاربرد صحیح آن یک المان اساسی در صنایع می باشد. کالیبره مناسب باعث می شود، که تجهیزات در محدوده های تایید شده عملکرد خود باقی مانده و نتایج دقیقی ارائه کنند. این فرایند باعث قابل اعتماد بودن نتایج تست ها و نزدیکی دقت آن ها با مقادیر نمونه گیری می شود.

فرآیند کالیبراسیون با تجهیزات خود باعث روشن شدن اهمیت نقش آن در صنایع شده و روشن می کند که چه موقع این فرایند باید انجام شود.

۲- بازه کالیبراسیون

جواب ساده به این سوال که البته جواب کمک کننده ای هم نیست، "همان زمانی که لازم باشد" است. به عنوان یک نگاه عملی تست کردن روزانه یا تناوبی مقادیر واقعی سیستم های کنترلی یک نشان عددی از عملکرد تجهیزات را مهیا می کند، که به کمک آن می توان یک تاریخچه از عملکرد تجهیز بدست آورد. اگر داده های کنترلی نشان دهد که مقادیر ثابت هستند یا به طور تصادفی در بازه قابل قبول مقادیر تغییر می کنند، دیگر نیاز به کالیبره تجهیز نیست. اما اگر تاریخچه داده ها نشان از تمایل به سمت یا فراتر از حدود بازه قابل قبول می باشد، یا آن تجهیز یک جابه جایی مشخص کوتاه مدت در

مقادیر را نشان می دهد (به عنوان مثال به دلیل کار کردن در یک محدوده دمایی متفاوت) انجام کالیبره ضروری است. البته بعضی از فرایندهای عملیاتی استاندارد یا اجباری با وجود اینکه داده های عددی چنین ضرورتی را ایجاد نمی کنند ما را وادار به انجام کالیبره می کنند. همیشه باید این ضرورت ها در الویت باشند و زمانی که برای انجام کالیبره جهت افزایش دقت تجهیزات تردید وجود دارد، رویه بالا استفاده شود.

کالیبره تجهیزات یکی از فرایندهای اولیه برای بقای دقت تجهیز می باشد. کالیبره پروسه تنظیم یک تجهیز برای ارائه نتایج برای یک نمونه در یک محدوده قابل قبول است. از بین بردن یا کم کردن عواملی که باعث اندازه گیری های نادرست می شود، یکی از جنبه های اصلی طراحی در صنعت می باشد. هر چند رویه دقیق از یک محصول صنعتی تا محصول دیگر ممکن است متفاوت باشد، فرآیند کالیبره به طور کلی مربوط می شود به استفاده از تجهیز برای تست نمونه هایی از یک یا چندمقدار که کالیبراتور نامیده می شوند. از نتایج استفاده می شود تا رابطه ای بین شیوه اندازه گیری مورد استفاده تجهیز و مقادیر معین، برقرار شود.

این روند در اصل به تجهیز می آموزد که نتایجی که دقیق تر هستند را تولید کند، نه آن نتایجی که نوع دیگری هستند. تجهیز بدین ترتیب می تواند زمانی که نمونه های مقادیر



سیمان گیلان



سیمان گیلان



سیمان گلستان



سیمان ایلان



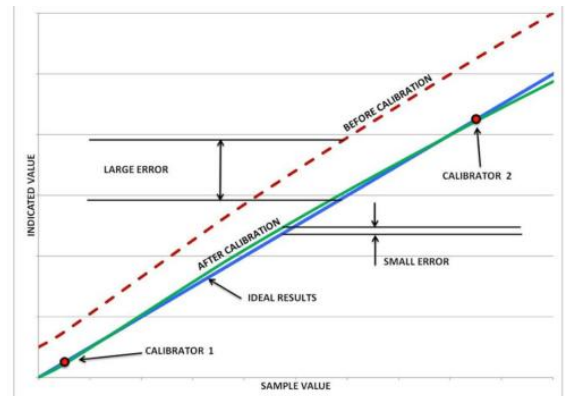
سیمان هگمتان

نامعین در فرآیند عادی تجهیز تست می شوند نتایج دقیق تری را ارائه کند.

کالیبره ها به وسیله تعدادی مشخص از کالیبراتورها انجام می شود تا رابطه ای در نقاطی خاص در محدوده عملکرد تجهیز برقرار کند. در حالی که اینطور به نظر می رسد که استفاده از تعداد زیادی کالیبراتور برای ایجاد رابطه مطلوب می باشد، اما زمان و زحمتی که برای تهیه و تست تعداد زیادی کالیبراتور مورد نیاز است، ممکن است مهمتر از سطح عملکرد تجهیز باشد.

از نظر عملی، باید بین سطح مطلوب عملکرد تجهیز و تلاشی که برای رسیدن به کالیبره انجام می شود، سبک و سنگین کنیم. در ضمن تجهیز زمانی بهترین عملکرد را خواهد داشت که از مقادیری که شرکت سازنده یا استاندارد در اختیارمان قرار می دهند جهت کالیبره استفاده کنیم.

تصویر زیر مشخص می کند که یک کالیبره مطلوب چطور عملکرد تجهیز را بهبود می بخشد.



شکل ۱- کالیبره مطلوب

به طور ایده آل، تجهیز نتایج بدون خطا را در محدوده کالیبره شده نشان می دهد که مشابه مقادیر نمونه گیری هستند. بدون کالیبره، مقادیر حقیقی ممکن است، نتایجی ارائه دهند که با مقدار نمونه، با یک خطای بزرگ اختلاف داشته باشند. کالیبره کردن تجهیز، این مشکل را حل می کند.

تجهیز به وسیله کالیبره می آموزد که، در مقادیر معین کالیبراتور ۱ و ۲، چه نتیجه ای باید حاصل شود. همین روند خطای موجود در این دو نقطه را از بین می برد و بر روی منحنی "قبل از کالیبره" تاثیر می گذارد که نتایج را به خط نتیجه ایده آل نزدیکتر می کند و این تغییر با منحنی "بعد از کالیبره" نمایش داده می شود.

به این ترتیب در هر نقطه، خطای نقاط کالیبره شده به صفر نزدیک می شود و خطای باقی مانده در نقاط دیگر در

۳- کالیبره سنسورها

سنسورهای بسیار خوبی وجود دارند و بعضی از آن ها به اندازه کافی خوب هستند که در کاربرد های غیر حساس استفاده شوند. اما برای رسیدن به بهترین دقت ممکن، یک سنسور باید در سیستمی که در آن استفاده شده، کالیبره شود.

۳-۱- هیچ سنسوری کامل نیست

- تغییرات نمونه به نمونه خطوط تولید به این معنی است که، حتی دو سنسور از یک خط تولید ممکن است مقادیر متفاوتی نشان دهند.
- تفاوت در طراحی سنسورها به این معنی است که دو سنسور متفاوت ممکن است در شرایط یکسان پاسخ متفاوتی بدهند، این به خصوص در مورد سنسورهای غیرمستقیم درست است که، یک اندازه گیری را بر حسب یک یا چند اندازه گیری حقیقی از چند پارامتر متفاوت اما وابسته به هم انجام می دهند.
- سنسورهایی که در زمان بسته بندی و انتقال در معرض گرما، سرما، شوک، رطوبت و... قرار می گیرند ممکن است نتایج متفاوتی را نشان دهند.
- بعضی از فناوری ها با زمان دچار تغییر می شوند و به طور عادی در گذر زمان نتایج متفاوتی نشان داده و نیاز به کالیبره دارند.
- سنسور فقط یکی از اجزای سیستم اندازه گیری است برای مثال:
- در سنسورهای آنالوگ، مبدل ADC، نیز بخشی از سیستم اندازه گیری است و در معرض تغییرات است.
- اندازه گیری های دما تحت تاثیر افت دما بین سنسور و نقطه اندازه گیری است.
- سنسورهای نور و رنگ می تواند تحت تاثیر توزیع طیف، نور محصور، بازتاب آئینه ای و دیگر پدیده های نوری قرار بگیرند.
- سنسور های inertial به تراز بودن با سیستم مورد اندازه گیری حساس هستند.





سیمان هگمتان



سیمان هگمتان



سیمان هگمتان



سیمان هگمتان



سیمان هگمتان



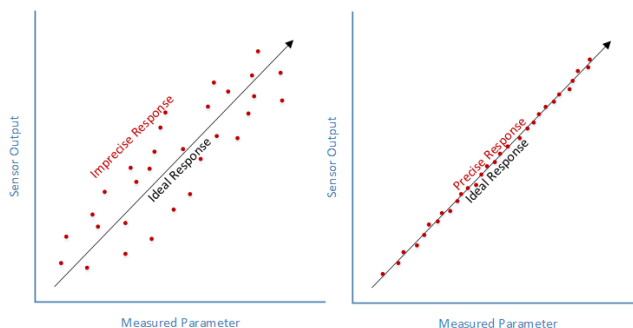
سیمان هگمتان

۲-۳- مهمترین خصوصیات یک سنسور

- دقت: سنسور ایده آل همیشه، خروجی یکسان برای ورودی یکسان تولید می‌کند.
- تفکیک پذیری: یک سنسور خوب می‌تواند به طور قابل اعتمادی تغییرات کوچک در پارامتر اندازه گیری شده را شناسایی کند.

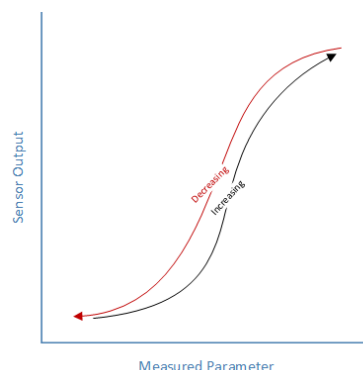
۳-۳- چه چیزی بر دقت تاثیر می‌گذارد

- نویز: تمام سیستم‌های اندازه گیری تحت تاثیر سطحی از نویز قرار می‌گیرند. سیستم‌های اندازه گیری با سیگنال‌های پایین نسبت به نرخ نویز، در ایجاد اندازه گیری تکرار پذیر مشکل دارند. در شکل سنسور سمت راست دقت بیشتری نسبت به سنسور نویز پذیر سمت چپ دارد.



شکل ۲- تاثیرات نویز

- هیستریزیس: بعضی از سنسورها از خود هیستریزیس نشان می‌دهند. سنسور تمایل دارد که مقادیر را برای یک سیگنال در حال افزایش، کم بخواند و برای یک سیگنال در حال کاهش، زیاد بخواند. هیستریزیس یک اتفاق معمول در بسیاری از سنسورهای فشار است. (شکل ۳)



شکل ۳- اثرات هیستریزیس

۴-۳- خصوصیات مهم دیگر

- خطی بودن: سنسوری که خروجی آن نسبت به ورودی نسبت مستقیم داشته باشد خطی است. این ویژگی نیاز به محاسبات منحنی را از بین می‌برد، و روند کالیبره را ساده می‌کند.
- سرعت: اگر همه ی شرایط یکسان باشد، یک سنسور که بتواند نتایج دقیق را سریعتر تولید کند، سنسوری خوب است.

۵-۳- درستی

درستی ترکیبی از دقت، تفکیک پذیری و کالیبره است. اگر یک سنسور بتواند اندازه گیری‌های تکرار پذیر با تفکیک پذیری خوب بدهد، می‌تواند برای درستی کالیبره شود.

۴-۴- کالیبره

اولین چیز انتخاب مرجع کالیبره است.

۴-۱- مراجع استاندارد

در بعضی از واحد‌های استاندارد که اهمیت دارد خوانش‌های درست بگیریم، نیاز به مرجع استاندارد برای کالیبره داریم.

- یک سنسور کالیبره شده: اگر سنسور یا تجهیزاتی دارید که دقت دارد می‌تواند به عنوان مقدار مرجع برای مقایسه مورد استفاده قرار گیرد. اغلب آزمایشگاه‌ها تجهیزاتی دارند که با استاندارد NIST کالیبره شده‌اند. این تجهیزات اسنادی دارند که مرجع خاصی که نسبت به آن کالیبره شده‌اند و عوامل اصلاحی که باید به خروجی اعمال شوند را در خود دارند. مرجع استاندارد فیزیکی: استانداردهای دقیق فیزیکی که برای بعضی از انواع سنسورها استفاده می‌شود.

- مسافت سنج: خط کش‌ها و متر
- سنسورهای دما

۱. آب جوش ۱۰۰ درجه سلسیوس در سطح دریا
۲. حمام آب یخ در سطح دریا ۰٫۰۱ درجه سلسیوس است.



سیمان هگمتان



سیمان آلام



سیمان گلستان



سیمان کرمان



سیمان گلستان



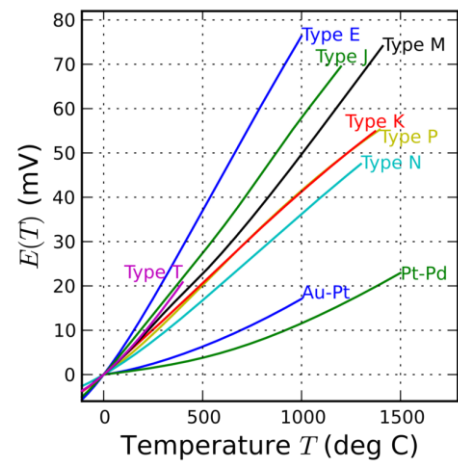
سیمان یزد

- شتاب سنج:

جاذبه در سطح زمین ثابت 1G می باشد.

۲-۴- منحنی خصوصیات

هر سنسور یک منحنی خصوصیات دارد که پاسخ سنسور به یک ورودی در آن وجود دارد. روند کالیبره، پاسخ سنسور را به یک پاسخ خطی ایده آل نزدیک می کند. چطور به این هدف برسیم، وابسته به طبیعت منحنی خصوصیات دارد.



شکل ۴- منحنی خصوصیات ترموکوپل ها

۳-۴- کالیبره تک نقطه

ساده ترین شیوه کالیبره تک نقطه می باشد. اگر خروجی سنسور به اندازه گیری های مفید نزدیک شده باشد کالیبره تک نقطه برای حل خطاهای آفست سنسورها قابل استفاده است.

۱-۳-۴- زمانی که فقط یک نقطه اندازه گیری لازم است

اگر کاربردی باشد که فقط نیاز به یک اندازه گیری دقیق در یک سطح را لازم داشته باشد، نباید نگران باقی محدوده اندازه گیری بود. مثال آن سیستم اندازه گیری دمایی است که باید یک دما را به طور مرتب کنترل کند.

۲-۳-۴- سنسور خطی است و شیب مورد نظر را در

محدوده مورد اندازه گیری داراست

در این شرایط کافی است فقط یک نقطه از محدوده اندازه گیری کالیبره شده و در صورت لزوم آفست تنظیم شود. بسیاری از سنسورهای دما کاندیدهای خوبی هستند.

کالیبره تک نقطه می تواند به عنوان کنترل راندگی مورد استفاده قرار بگیرد تا تغییرات را در جواب یا زوال عملکرد سنسور نمایش دهد.

به عنوان مثال ترموکوپل هایی که در دماهای بسیار بالا کار می کنند دچار اثر گذر زمان می شوند. این اتفاق با انجام کالیبره تک نقطه و مقایسه آفست موجود با مقادیر کالیبره قبلی مشخص می شود.

۴-۴- کالیبره دو نقطه

کالیبره دو نقطه کمی پیچیده تر است. اما می تواند هم به سنسورهای خام و هم سنسورهای درجه بندی شده اعمال شود. یک کالیبره دو نقطه اساسا می تواند خروجی را مجددا درجه بندی کرده و قادر به اصلاح

- آفست:

آفست یعنی خروجی سنسور بالاتر یا پایین تر از خروجی ایده آل باشد، آفست ها با کالیبره تک نقطه به سادگی قابل حل هستند.

- حساسیت یا شیب:

تفاوت در شیب بدین معنی است که خروجی سنسور نسبت به مقدار ایده آل در نرخ متفاوت تغییر می کند. روند کالیبره در دو نقطه می تواند تفاوت در شیب را اصلاح کند.

- خطی بودن:

سنسورهای کمی هستند که خصوصیات کاملا خطی در منحنی خصوصیات دارند. بعضی در محدوده اندازه گیری به اندازه کافی خطی هستند، که مشکل پیش نمی آورند، اما بعضی از سنسورها به محاسبات پیچیده تری برای خطی کردن خروجی نیاز دارند.



سیمان هگمتان

تعداد زیادی از تجهیزات در سایت کارخانه طی یک روال کالیبره می شوند در حالیکه نیاز به این میزان توجه را نسبت به تجهیزاتی که مرتبط با کیفیت تولید یا ایمنی باشند را ندارند. یکی از کارهایی که باید انجام شود شناسایی این تجهیزات و خارج کردن آن ها از برنامه ریزی دوره ای و تبدیل آن به تقاضای اپراتور است.



دریغمان اپلام

۵-۲- کالیبره بدون کاغذ

کاغذ می تواند به وسیله اتوماسیون روند کالیبره حذف شود تا زمان کاهش یافته و عملیات دستی از بین برود.

ساده و موثر کردن روند کالیبره معمول وابسته به بهینه کردن برنامه کالیبره دوره ای، استفاده از کالیبراتورهای ایجادکننده داده و هماهنگ سازی این اطلاعات با یک پایگاه داده می باشد. این کار کاغذ را به طور کلی از روند کالیبره حذف می کند.

۵-۳- تحلیل کالیبراسیون

با تحلیل کالیبره های انجام شده، تجهیزاتی که نیاز به کالیبره های کمتری دارند شناسایی شوند در حالی که هم چنان شرایط اجباری و سخت کارخانه رعایت شود. آخرین تکه پازل زیاد کردن فواصل بین کالیبراسیون هاست. این کار باید به شکلی انجام شود که تعداد کالیبره ها در طول سال کاهش یابد اما در عین حال خط مشی و قوانین کارخانه نیز در آن دیده شود.

۶- نتیجه

رسیدن به این خواسته وابسته به بررسی مرتب و ادامه دار داده های ذخیره شده در پایگاه داده و پیدا کردن تجهیزاتی است که نسبت به دیگر تجهیزات نیاز به کالیبره ندارند. این گروه شامل تجهیزات کیفیت و ایمنی نیز می شود که طبق برنامه کالیبره می شوند اما باید در زمان درست کالیبره شوند. بسیاری از تجهیزات

شیب و خطای آفست است. کالیبره دو نقطه جاهایی کاربرد دارد که خروجی سنسور در محدوده اندازه گیری عملکردی خطی دارد.

۴-۵- کالیبره چند نقطه اصلاح منحنی

سنسورهایی که در محدوده اندازه گیری عملکردی خطی ندارند نیاز به اصلاح منحنی دارند تا در آن محدوده اندازه گیری های دقیق انجام دهند. یک نمونه معمول برای اصلاح منحنی، ترموکوپل ها در دماهای بسیار بالا یا دماهای بسیار پایین هستند. در حالیکه در یک محدوده بزرگ عملکردی خطی دارند، در دماهای خیلی زیاد به شدت از مقادیرشان منحرف می شوند.

۵- اصلاح شرایط کالیبره

مدت زمانی طولانی است که شیوه های کالیبره دستی در صنعت به عنوان یک ضرورت پذیرفته شده است. کسی روند کالیبره را مورد پرسش قرار نمی دهد زمانی که دقت و قابل اطمینان بودن برای کیفیت، امنیت و برآورده کردن شرایط اجباری لازم است. اما مدت هاست که شیوه سنتی در حال انجام است که کار زیادی می برد و مستعد خطاست. در میان مسائل مختلف، هزینه های بالای روند کالیبره تجهیزات مشهود است. برای یافتن راهی بهتر وارد کردن فناوری به این روند ضروری به نظر می رسد. در واقع هدف اصلی، راهی بهتر و سریعتر برای کاهش هزینه هاست. سه نقطه وجود دارد که ورود فناوری به آن ها امکان پذیر بوده و بستر آن فراهم است.

۵-۱- عیب یابی تجهیزات

دفعات کالیبره غیر بحرانی برای تجهیزاتی که وابسته به ایمنی نمی باشند توسط اطلاعاتی که از این تجهیزات بدست می آیند کاهش یابند.





سیمان هگمتان



سیمان اقدم



سیمان امروز



سیمان کرمان



سیمان گلستان



سیمان یزد

می توانند از بازه های سه و شش ماهه به بازه سالانه تبدیل شوند.

البته باید عملکرد آن ها به دقت مورد بررسی مداوم قرار گیرد تا همان طور که طراحی شده اند عمل کنند. نتایج چنین اقدامی قطعاً منجر به کاهش هزینه و زمان انجام هر کالیبره خواهد شد.

۷- مراجع

- P.K. Wankhade1, D. S. Ingole Thermocouple Testing by Comparative Evaluation with Assistance of developed Programming March 2013
Jie Chen, Xuejun Hu, Lixin Xu A New Thermocouple Auto-Calibration System 2008
CALIBRATION OF MULTIMETERS AS VOLTAGE RATIO STANDARDS Andrea Sosso and Roberto Cerri