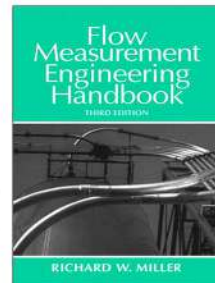


نوشته‌ی R. W. Miller یکی از منابع کلاسیک و معتبر در حوزه‌ی اندازه‌گیری جریان است. این اثر جامع اصول فیزیکی، طراحی و کالیبراسیون انواع فلومترها از اوریفیس تا کوریولیس را پوشش می‌دهد. ساختار کتاب ترکیبی از تئوری، فرمول‌های کاربردی و استانداردهای صنعتی بین‌المللی است. بسیاری از شرکت‌های ابزار دقیق و آزمایشگاه‌های مرجع از آن به‌عنوان راهنمای طراحی و انتخاب فلومتر استفاده می‌کنند. این کتاب پایه‌گذار شیوه‌ی مهندسی مدرن در اندازه‌گیری دبی سیالات در صنایع مختلف است.



لزوم گسترش گواهی کالیبراسیون دیجیتال (DCC) در صنایع ایران

تعویض فشارسنج‌های مکانیکی بادیجیتالی

فرایندی مقاوم بوده و دارای گواهی ایمنی SIL ۲ هستند؛ ویژگی ای که ایمنی عملکردی را در صنایع حساس همچون نفت، گاز و پتروشیمی تضمین می‌کند.

یکی از نوآوری‌های مهم در این نسل، ارائه گواهی کالیبراسیون دیجیتال (DCC) مطابق استاندارد ISO ۱۷۰۲۵ است. این گواهی با امضای دیجیتال مبتنی بر تنظیمات امنیتی PTB Schema و eIDAS صادر می‌شود و تمامی سوابق کالیبراسیون را در فضای ابری Netilion Cloud ذخیره می‌کند. بدین ترتیب، نیاز به مدارک چاپی حذف شده و اعتبار داده‌ها به‌صورت رمزنگاری شده حفظ می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد تغییر فشارسنج‌های مکانیکی به دیجیتال موجب کاهش ۴۰ درصدی هزینه چرخه عمر تجهیزات و افزایش دسترس‌پذیری فرایند تا ۹۹/۹ درصد شده است. از سوی دیگر، قابلیت بررسی برخط صحت عملکرد، هزینه‌های کالیبراسیون را کاهش داده و نگهداری را ساده‌تر کرده است.

دوم مدل ۳۰۵۱ و ۳۰۵۱S از برند Emerson تجهیزاتاتی که با دقت بسیار بالا، قابلیت‌های ارتباطی هوشمند و عمر مفید طولانی، نسل جدید کنترل فشار را پایه گذاری کرده‌اند. ترانس‌میتورهای جدید Emerson با استفاده از حسگرهای سیلیکونی پیشرفته، دقتی در حدود $\pm 0.065\%$ درصد ارائه می‌دهند و مجهز به مدار جبران سازی دمایی برای عملکرد مطمئن در بازه ۴۰- تا +۸۵ درجه سانتی‌گراد هستند. صفحه نمایش دیجیتال آن علاوه بر فشار لحظه ای، حداقل و حداکثر فشار ثبت شده را نمایش می‌دهد و قابلیت پیکربندی سریع از طریق AMS Device Manager را دارد. همچنین خودآزمایی داخلی (Self-Diagnostics) قادر است ایرادات حسگر را شناسایی کرده و از طریق پروتکل‌های ارتباطی HART یا WirelessHART به سیستم‌های کنترل مرکزی اطلاع دهد. فناوری بی‌سیم WirelessHART به‌ویژه در نواحی دورافتاده و خطرناک کاربرد دارد، زیرا بدون نیاز به کابل‌کشی امکان ارتباط پایدار با شبکه کنترلی را فراهم می‌سازد و هزینه نصب را تا میزان ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. آزمایش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد عمر مفید این حسگرها بیش از ۱۰ سال است. بدنه استیل ۳۱۶L ترانس‌میتورها در برابر لرزش، کاویتاسیون و شرایط سخت

در دهه‌های گذشته، فشارسنج‌های مکانیکی ابزار اصلی اندازه‌گیری فشار در واحدهای فرایندی بودند؛ اما در شرایط عملیاتی واقعی، خوردگی قطعات داخلی، رسوب سیالات و تغییرات ویسکوزیته می‌توانند باعث خطای قرائت شوند. به همین دلیل، در واحدهای پالایشگاهی و شیمیایی، فشارسنج‌های مکانیکی مجبور به تعویض یا کالیبراسیون مکرر بودند. علاوه بر این، وابستگی به نیروی انسانی یک معضل اساسی بود؛ اپراتور باید در محل تجهیز حضور می‌یافت تا مقدار فشار را به‌صورت چشمی بخواند. این الزام نه تنها زمان‌بر بود بلکه احتمال خطای انسانی در ثبت و تفسیر داده‌ها را بالا می‌برد. نبود قابلیت پایش از راه دور یا ارسال هشدار در فشارهای بحرانی، ضعف دیگر فشارسنج‌های مکانیکی محسوب می‌شود. این ابزارها هیچ ارتباطی با سیستم‌های کنترل مرکزی نداشتند و در نتیجه، تغییرات ناگهانی فشار تازمانی که اپراتور آن را ثبت نکند، از دید سیستم پنهان می‌ماند. در خطوط حساس همین تأخیر می‌تواند منجر به آسیب تجهیزات شود. برای رفع این محدودیت‌ها و پاسخ به نیاز صنایع مدرن، ترانس‌میتورهای دیجیتال فشار توسط شرکت Emerson معرفی شدند.

گواهی‌های کالیبراسیون دیجیتال (Digital Calibration Certificate – DCC) به‌عنوان یکی از دستاوردهای بنیادین در تحول ابزار دقیق شناخته می‌شوند. هدف اصلی این فناوری، ایجاد اعتماد وردیابی در کل چرخه اندازه‌گیری است. در سیستم قدیمی، داده‌های کالیبراسیون در برگه‌های چاپی ارائه می‌شدند که در معرض خطا، جعل و از بین رفتن بودند. با ظهور DCC، تمامی داده‌ها در قالب فایل‌های رمزنگاری شده با قابلیت خوانش ماشینی ذخیره می‌شوند. از وجه فنی، گواهی DCC بخشی از چرخه (Calibration Lifecycle Management - CLM) محسوب می‌شود که شامل چهار فاز Prepare, Execute, Document, Verify است. در فاز آماده‌سازی، داده‌های مرجع و مشخصات تجهیز خوانده می‌شود؛ در فاز اجرا، کالیبراسیون انجام و داده‌های خام جمع‌آوری می‌گردد؛ در فاز مستندسازی، فایل DCC با هاش رمزنگاری ساخته می‌شود؛ و در فاز تأیید، امضای دیجیتال و اعتبار کلیدها بررسی می‌شود. این چرخه به‌صورت خودکار در بسیاری از نرم افزارهای مدرن ابزار دقیق انجام می‌گیرد و نیاز به تعامل انسانی حداقل است.

یکی از مزایای کلیدی این گواهی‌ها، امکان Machine Readability و Interoperability است؛ بدین معنا که سامانه‌های مختلف – مثلاً نرم‌افزارهای نگهداری، آزمایشگاه‌های کالیبراسیون، و دفاتر ممیزی – قادرند بدون تبدیل فرمت، داده‌های DCC را تفسیر کنند. این ویژگی باعث می‌شود مسیر ممیزی سالانه ISO ۹۰۰۱ یا ISO ۱۷۰۲۵ به‌مراتب ساده‌تر شود. علاوه بر آن، گواهی دیجیتال در صورت تغییر یا بروز کالیبراسیون جدید، به‌صورت نسخه‌گذاری شده (Version Control) ذخیره می‌شود تا تاریخچه کامل مقادیر پیشین همیشه قابل دسترسی بماند.

در حال حاضر نهاد اصلی مسئول استانداردسازی و تأیید گواهی‌های کالیبراسیون در ایران، مرکز ملی تأیید صلاحیت ایران (NACI) است که مرجع رسمی پیاده‌سازی استاندارد ISO ۱۷۰۲۵ محسوب می‌شود. این مرکز از سال ۱۴۰۱ با الگوبرداری از مدل PTB Germany، پروژه‌ای مفهومی برای تعریف چارچوب Iran Schema - DCC آغاز کرد. هدف این طرح، تطبیق صدور گواهی‌های کالیبراسیون با قالب‌های machine-readable و پذیرش امضای دیجیتال در محدوده قوانین امضای الکترونیکی جمهوری اسلامی ایران (مصوب ۱۳۸۲) است. در حال حاضر، استاندارد تجربی «راهنمای صدور گواهی کالیبراسیون دیجیتال» در حال تدوین است و انتظار می‌رود نسخه رسمی آن تا پایان ۱۴۰۵ منتشر شود.

در چند دانشگاه معتبر کشور از جمله دانشگاه علم و صنعت ایران، صنعتی امیرکبیر و صنعتی شریف، آزمایشگاه‌های مرجع دما، فشار و جریان شروع به توسعه زیرساخت صدور DCC به‌صورت آزمایشی کرده‌اند. آزمایشگاه «کالیبراسیون فشار و دما» در مرکز تحقیقات نفت ایران یکی از نمونه‌های موفق است که از سال ۱۴۰۳ قادر به تولید گواهی دیجیتال فشار تا ۱۰۰ bar براساس فرمت XML با امضای RSA - ۲۰۴۸ شده است. این گواهی‌ها با شناسه یکتای UUID ذخیره می‌شوند و از طریق پورتال امن قابل استعلام هستند. در صنایع غذایی و دارویی، چند شرکت خصوصی با مجوز NACI در اصفهان و تهران، فرایند انتقال از صدور گواهی کاغذی به DCC را آغاز کرده‌اند. همچنین در صنایع نفت و گاز، پروژه‌هایی در پتروشیمی بندرامام و فاز ۱۴ پارس جنوبی آغاز شده که در آن مرکز مستندسازی کالیبراسیون دیجیتال (Digital Calibration Repository) به‌صورت آزمایشی فعالیت می‌کند. در این پروژه‌ها، هر تجهیز دارای «هویت دیجیتال DCC» بوده و وضعیت کالیبراسیون، تاریخ انقضای نسخه گواهی، در سامانه CMMS کارخانه دیده می‌شود.

در نهایت، DCC فقط یک گواهی نیست بلکه زبان جدید اعتماد صنعتی است. امروزه با تلفیق DCC در پلتفرم‌های IoT و هوش مصنوعی، هر تجهیز می‌تواند به‌صورت خودکار تاریخچه کالیبراسیون خود را گزارش داده و دقت را در زمان واقعی حفظ کند. این فناوری ماندگار، مسیر صنعت را از کاغذبازی به شفافیت رمزنگاری شده و از ممیزی سنتی به اعتبارسنجی دیجیتال تغییر داده است.

شیرهای هوشمند سه کاره: پایش، کنترل و بهینه سازی فرآیند

اخیراً شرکت IMICriticalEngineering / IMINorgren نسل تازه‌ای از شیرهای هوشمند را معرفی کرده که سه وظیفه کلیدی کنترل، مانیتورینگ و بهینه‌سازی فرآیند را هم زمان درون خود انجام می‌دهند. محور اصلی طراحی این نسل جدید، حذف وابستگی به کنترلرهای جداگانه و کابل کشی گسترده است؛ زیرا حسگرها، عملگر و ماژول هوشمند کنترل به صورت یکپارچه داخل شیر نصب می‌شوند. هسته اندازه‌گیری از حسگرهای MEMS برای فشار، دما و دبی استفاده می‌کند و داده‌ها را در کمتر از پنج میلی ثانیه به ماژول Micro - Edge Controller منتقل می‌سازد. این کنترلر با الگوریتم PID خودسازگار (Self - Adaptive PID) موقعیت ولو را تنظیم می‌کند و هم‌زمان داده‌ها از طریق Ethernet - SCADA یا APL / WirelessHART به DCS منتقل می‌شوند. واحد پردازش مبتنی بر هوش مصنوعی با تحلیل الگوهای عملکردی، سایش تریم و پیکینگ را پیش‌بینی کرده و برنامه تعمیرات پیشگیرانه را پیشنهاد می‌دهد. در آزمون میدانی آلمان، این سیستم نوسانات فشار را تا ۴۳٪ کاهش و هزینه نگهداشت سالانه را ۲۵٪ کمتر کرد و گواهی SIL۲ از TÜV SÜD دریافت نمود. توان مصرفی ماژول کمتر از ۲ وات است و پاسخ حلقه کنترل با دقت ۰/۱ ± درصد عمل می‌کند. این ساختار قابلیت اتصال مستقیم Valve - to - Valve بدون نیاز به کنترلر مرکزی دارد و مطابق IEC ۶۱۴۹۹ برای بلوک‌های تابع کنترل توزیع شده استاندارد سازی شده است. شیرهای Intellisense V۲۵ اکنون در واحدهای الکترولیز هیدروژن، و سامانه‌های Cryogenic Gas Transfer در دمای ۱۸۰°C - به کار گرفته می‌شوند و در طرح‌های حرارتی خورشیدی CSP نیز بازده تنظیم بخار را ۲۲٪ افزایش داده‌اند. در صنایع نفت و پتروشیمی ایران، این رویکرد می‌تواند جایگزین ترکیب سنتی Positioner + I/P Converter شود و بدین ترتیب با کاهش پیچیدگی کابل‌کشی، گامی به سوی سیستم‌های Smart LoopSelf - Tuning باشد. به طور کلی می‌توان گفت که مرز جداکننده میان ولو و کنترلر در حال حذف شدن است و آینده تجهیزاتی مانند ولوهای IMI Intellisense بر مفهوم «شیر به عنوان مغز فرآیند» استوار خواهد بود که کنترل، ایمنی و نگهداری را در پدیده‌ای واحد به کار برارائه می‌دهند.



وب بنیان تجارت



www.industore.ir

WE ARE NOT JUST SELLING
WE ARE SOLVING

شرکت Saudi Aramco در یکی از واحدهای عظیم گاز طبیعی خود پروژه‌ای را با همکاری Yokogawa Electric Corp اجرا کرده که هدف آن، آزمون و استقرار سامانه‌های کنترل کاملاً خودران (Autonomous Control) در مقیاس عملیاتی واقعی است. این پروژه را می‌توان نخستین نمونه تجاری از کاربرد مستقیم عامل‌های هوش مصنوعی صنعتی (Industrial AI Agents) دانست که به صورت مستقل، تصمیم‌گیری کنترلی را در سطح واحد فرآیند انجام می‌دهند.

در این طرح، فناوری موسوم به "AI Agent Control System" که توسط Yokogawa Innovation Center توسعه یافته، بر بستر یک واحد جداسازی گاز (Gas Separation Plant) در عربستان سعودی نصب شده است. این واحد یکی از تأسیسات کلیدی آرامکو در زنجیره فرآوری گاز ترش و شیرین است و کنترل آن تا پیش از این به وسیله سیستم‌های (Distributed Control System - DCS) کلاسیک انجام می‌گرفت. عامل‌های هوش مصنوعی جدید به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بدون دخالت اپراتور و صرفاً با تحلیل داده‌های فرایندی لحظه‌ای و قوانین فیزیکی توکار، بتوانند فشار، دما و نرخ جریان را به صورت بلادرنگ تنظیم کنند.

نتایج ۱۶ ماه آزمایش میدانی در واحد گاز آرامکو نشان داده است که این عامل‌ها توانسته‌اند درصد نوسان فشار را بیش از ۶۰ درصد کاهش دهند و ثبات فرآیند را تا سطحی فراتر از عملکرد اپراتور انسانی حفظ کنند. همچنین نرخ مصرف انرژی کمپرسورها حدود ۱۰ درصد کاهش یافته و کارایی حرارتی کل فرآیند افزایش چشمگیر داشته است. نکته جالب توجه این است که سیستم طراحی شده قابلیت Self - learning دارد؛ یعنی در مواجهه با تغییر ترکیب گاز خوراک یا شرایط محیطی، خود را با وضعیت جدید وفق می‌دهد و نیاز به تنظیم دستی پارامترها از بین می‌رود.

بر اساس داده‌های منتشر شده، معماری این سامانه از چند لایه تصمیم‌گیری تشکیل شده است: لایه نخست مدل‌های AI Agents هستند که با الگوریتم‌های Reinforcement Learning (یادگیری تقویتی) آموزش دیده‌اند؛ لایه دوم الگوریتم‌های بهینه‌سازی کنترلی است که به صورت پیوسته خروجی عامل‌ها را ارزیابی می‌کند؛ و لایه سوم رابط با سیستم DCS موجود است که فرمان‌های کنترلی را به عملگرها و شیرهای فرایندی ارسال می‌کند. نقطه قوت این ساختار در این است که هوش مصنوعی نه صرفاً نقش مشاور بلکه نقش تصمیم‌گیر اصلی را بر عهده دارد.

پروژه مشترک Aramco / Yokogawa نقطه آغاز عصر Autonomous Process Control در صنایع نفت و گاز جهان است؛ عصری که در آن الگوریتم‌های تقویتی و مدل‌های دیجیتال توأم با DCS سنتی، عملیات روزانه واحدهای گازی را با دقت بالاتر، مصرف کمتر و ایمنی بیشتر اداره می‌کنند.

شرکت ABB اعلام کرده است که سامانه‌های مدیریت ایمنی صنعتی‌اش به طور رسمی موفق به کسب گواهی نامه TÜV SÜD Functional Safety Certification در سطح SIL۳ و SIL۴ شده‌اند — که بالاترین رتبه قابل دستیابی طبق استاندارد IEC ۶۱۵۰۸ برای طراحی، توسعه و نگهداری سیستم‌های ایمنی است. این دستاورد پس از ممیزی کامل واحدهای ABB Industrial Automation Systems Division در فنلاند، آلمان و سوئیس به دست آمده و جایگاه ABB را به عنوان یکی از معدود شرکت‌های جهانی با تأییدیه جامع در تمام چرخه عمر ایمنی (Safety Life cycle) تثبیت کرده است.

به گفته مدیر ایمنی جهانی ABB، هدف پروژه «ایجاد زبان مشترک بین طراحی کنترلی فرایند و الزامات ایمنی» بوده است تا تمامی محیط‌های تولید، اعم از نفت و گاز، پتروشیمی، نیروگاه و داروسازی بتوانند از یک چارچوب یکپارچه استفاده کنند. ممیزی TÜV SÜD تأیید کرده که ABB نه تنها در طراحی سخت‌افزارهای ایمن مانند High - Integrity Controllers موفق بوده، بلکه در لایه‌های نرم‌افزاری نظیر Safety Manager نیز الزامات سطح SIL۴ را رعایت کرده است؛ این سطوح معمولاً برای سیستم‌هایی مانند Emergency Shutdown و Fire and Gas System استفاده می‌شوند.

چگونه فناوری می‌تواند در فرآیندهای تولید مواد غذایی، اتلاف یا هزینه‌های اضافی را کاهش دهد

در تولید محصولات غذایی با ویژگی‌های رئولوژیکی پیچیده مانند سس‌ها، خامه‌ها، شکلات‌ها یا پوره‌ها تغییرات کوچک در گرانی (Viscosity) و رفتار برشی (Shear Behavior) می‌تواند منجر به نوسان کیفیت، افزایش مصرف مواد اولیه، یا حتی توقف خط تولید شود. در چنین صنایعی، کنترل دقیق جریان و ویسکوزیته کلید حفظ کیفیت و بازدهی اقتصادی است. شرکت KROHNE در این مقاله نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از فناوری جدید خود موسوم به "Shear Magic" می‌توان این نوسانات را به حداقل رساند.

فلسفه اصلی Shear Magic بر اندازه‌گیری و مدل‌سازی لحظه‌ای رفتار سیال درون خط تولید است. در سیستم‌های سنتی، فلومترهای مغناطیسی یا کوریولیس تنها جریان حجمی یا جرمی را گزارش می‌دادند، اما قادر به تشخیص تغییرات رئولوژیکی نبودند. سیستم جدید KROHNE این محدودیت را با ترکیب داده‌های سرعت، فشار، چگالی و دما رفع می‌کند و از طریق الگوریتم‌های مدل‌سازی ویسکوزیته، پارامتر "Rate of Shear" را در هر لحظه ارزیابی می‌نماید. این نرخ برش، شاخص اصلی رفتار غیرنیوتنی (مانند Shear - Thinning یا Shear - Thickening) است و بر کیفیت و هزینه فرآیند تأثیر مستقیم دارد.

در حالت Shear - Thinning — که در اغلب سس‌ها و خامه‌ها مشاهده می‌شود — افزایش سرعت پمپ باعث کاهش ظاهری گرانی و احتمال پاشیدن بیش از حد بسته‌ها می‌شود. فناوری Shear Magic این اثر را در لحظه اصلاح کرده و با تطبیق خودکار پارامترهای پمپ و شیرها، تعادل جریان را پایدار می‌کند؛ نتیجه، کاهش ضایعات تا ۸٪ و کاهش مصرف افزودنی‌ها تا ۱۲٪ در آزمایش‌های انجام شده در خطوط تولید واقعی است.

KROHNE این فناوری را در فلومترهای سری OPTIFLUX و OPTIMASS پیاده‌سازی کرده است. این دستگاه‌ها علاوه بر اندازه‌گیری جریان، داده‌های رئولوژیکی را استخراج و به نرم‌افزار ViscoPredict منتقل می‌کنند؛ این نرم‌افزار با تحلیل چندمتغیره، ویسکوزیته مؤثر را محاسبه و به بخش کنترل تولید ارسال می‌کند تا تنظیمات فرآیند اصلاح شود. در کارخانه‌های شکلات و دسر، چنین کنترلی منجر به کاهش گرفتگی خطوط، کاهش زمان شست‌وشو (CIP) تا ۲ ساعت در هر شیفت، و پایداری بیشتر دمای مبدل‌های حرارتی شده است.

پلتفرم داده KROHNE قابلیت اتصال مستقیم به MES / ERP را دارد و با یکپارچه‌سازی اطلاعات جریان و ویسکوزیته، تحلیل کاملی از تولید و بازده مصرف ارائه می‌دهد. این ساختار عملاً گامی به سوی تحقق انقلاب صنعتی چهارم در صنایع غذایی است، زیرا رفتار واقعی سیال در سطح مولکولی در تصمیمات مدیریتی مدنظر قرار می‌گیرد.



INDUSTORE

www.industore.ir