

Moderní průtokoměry s integrovanými funkcemi monitorování a ověření

Článek představuje základní rozdíly mezi ověřením a kalibrací provozních měřicích přístrojů. Zabývá se zajištěním kvality výsledků měření a předcházením selhání přístrojů v průběhu jejich životnosti. Zvláště popisuje použití kalibrace a ověření u měřicích přístrojů, které mají přímý vliv na kvalitu výsledného produktu a na zajištění funkční bezpečnosti. Popisuje moderní průtokoměry Proline s integrovanou funkcí Heartbeat Technology pro samosledování přístrojů.



















1. Úvod

Procesní průmysl vyvíjí velké úsilí pro to, aby zajistil vysokou úroveň spolehlivosti řízení procesů, trvalou kvalitu výsledných výrobků a jejich přesné fakturační měření. Roste také potřeba zaručit udržitelnost provozu a shodu s nařízeními o ochraně životního prostředí. Při zajišťování těchto požadavků hrají klíčovou roli moderní průtokoměry, jež dlouhodobě zaručují velmi stabilní měření. Nehledě na spolehlivost průtokoměrů však v současnosti zůstává běžnou praxí prověřovat v pravidelných intervalech funkci měřicích zařízení, zvláště závisí-li na nich kvalita výrobků nebo provozní bezpečnost.

Senzory moderních průtokoměrů zpravidla nemají žádné pohyblivé části, které by mohly podléhat opotřebení. Vyznačují se také měřicí elektronikou s funkcí samodiagnostiky. Tyto dvě skutečnosti dohromady umožňují omezit objem práce spojené se správou zařízení a významně snižují množství servisních úkonů, které nejsou skutečně nezbytné – např. je díky nim možné prodloužit kalibrační intervaly. Navíc diagnostické informace podporují rychlé řešení potíží a vzhledem k nepřetržité analýze funkce v systému sledování stavu zařízení (*condition monitoring*) zabráňují neplánovaným odstávkám výroby. Na základě vnitřních zkoušek průtokoměru je možné vystavit zprávu o ověření měřicí funkce a tímto způsobem dokumentovat stav měřicího zařízení. Automaticky generované zprávy o ověření lze využít také k dokumentování kvality výrobků nebo k prokázání shody s regulačními požadavky a standardy.

Nyní již každý jednotlivý výrobce měřicí techniky integruje do svých průtokoměrů funkce pro diagnostiku, sledování a ověření, které mohou být jednotným způsobem použity pro všechny instalované měřicí přístroje v celém podniku. Příkladem mohou být průtokoměry Proline od firmy Endress+Hauser. Sladěné ovládání a jednotné funkce umožňují uživateli zjednodušit jejich pracovní postupy standardizací provozních procedur. Díky standardizované implementaci v široké škále měřicích přístrojů se uživatelé mohou naučit uvedené funkce používat jen jednou. Výsledkem jsou úspory nákladů a zvýšení produktivity práce.

Základním požadavkem nutným pro spolehlivou vnitřní diagnostiku a ověření funkce přístroje je zařízení s dlouhodobou stabilitou, které je zkoušeno prostřednictvím vnitřních

požadavek na údržbu			
mimo specifikaci			
ověřování funkce			
závada			
diagnostika je aktivní			
diagnostika je mimo provoz			

Obr. 1. Diagnostická hlášení podle doporučení NAMUR NE 107 (lze použít také jen samotné barvy nebo jen černobílé piktogramy)

referenčních veličin s redundancí. Pro zařízení s vnitřním ověřením již není třeba tradiční metoda ověření s vnějším měřicím přístrojem navázaným na firemní etalony. Často je rovněž možné prodloužit interval mezi náročnými rekalibracemi průtokoměrů v laboratoři. Výhodami tohoto procesu jsou snadné použití a možnost integrace do řídicího systému vyšší úrovně nebo systému AMS (*Asset Management System*). To vše šetří čas i náklady a současně eliminuje možnost ovlivnění výsledků nesprávným zacházením.

2. Požadavky průmyslu

V procesním průmyslu rostou požadavky na kvalitu a bezpečnost. Současně ale stoupá tlak na snižování nákladů efektivnějším využíváním zdrojů, omezením těch servisních zásahů, které nejsou nezbytné, a snížením rizika neplánovaných odstávek. Dalším výrazným faktorem ovlivňujícím náklady je specializace zařízení: specializace zvyšuje složitost systému a v důsledku toho i náklady. Jednotliví výrobci měřicí techniky pro automatizaci procesní výroby čelí těmto trendům ucelenou nabídkou, která pomůže snižovat složitost systému. Cílem je

dosáhnout sladěných a jednotných řešení bez nutnosti uplatnění speciálních odborných znalostí a zkušeností. Dosažení úspor nákladů na provoz a údržbu vychází ze dvou faktorů, jež jsou popsány v následujících kapitolách.

2.1 Standardizace

Standardizace je založena na jednotnosti řešení úloh (stejně věci se dělají stejným způsobem) a sladěností (stejně řešení lze použít pro různé výrobky). Ovládání všech zařízení jednotným způsobem zvyšuje bezpečnost a zjednodušuje zaškolení obsluhy. Možnost použít stejné řešení pro různé výrobní technologie dovoluje využít funkce měřicích a řídicích zařízení jednotně v celém výrobním závodě. To zjednodušuje průběh výroby. Sladěnost však také znamená, že přiřazení funkcí zůstává stejné po celou dobu životního cyklu měřicí a řídicí techniky – to zaručuje, že jednotlivé postupně uváděné verze zařízení jsou navzájem kompatibilní.

Standardizace zaručuje udržitelnost jednou navržených procesů a získaných zkušeností.

2.2 Jednoduché začlenění

Cílem jednoduchého začlenění do systému je zlepšit tok informací mezi zařízeními a jejich okolím, např. umožnit dokonalou interakci mezi měřicím zařízením a jeho řídicí jednotkou. Diagnostika vestavěná v zařízení nepřetržitě generuje informace o stavu zařízení, upozornění a zprávy o událostech – např. o stavu, kdy aktuální provozní podmínky negativně ovlivňují činnost měřicího přístroje. Jestliže se při každé diagnostické události na displeji objeví také informace o možnostech nápravy, velmi to zrychlí a zjednoduší cílené řešení problémů.

Jestliže zařízení samo generuje a ukládá informace potřebné pro dokumentování jeho činnosti, jsou tyto automaticky dostupné všem operátorským i servisním rozhraním. Zmíněné informace mohou být použity pro dokumentování ověření měřicího zařízení, např. v podobě tištěné zprávy, jak to vyžaduje ISO 9001.

Začlenění navíc zvyšuje bezpečnost personálu, protože za určitých podmínek je možné informace předávat z provozu a do něj bez fyzického přístupu k měřicímu přístroji.

Moderní průtokoměry, jako např. Proline od Endress+Hauser, již tyto požadavky splňují a umožňují realizovat jednotné, trvalé a začleněné řešení diagnostiky, sledování a ověření přístroje v jednotlivých měřicích bodech bez nutnosti přerušovat proces a bez přímého přístupu do provozu.

Popsané funkce jsou založené na integrovaném systému samosledování. Měřicí zařízení určená pro budoucí výrobní linky procesního průmyslu dokážou tyto požadavky splnit za přispění vysoce spolehlivé vestavěné diagnostiky a funkcí pro ověření, jako je např. Heartbeat Technology. Heartbeat Technology vychází z neustálého sledování všech významných vnitřních veličin a stavu mechanických, elektromechanických a elektronických částí. Spolehlivé měření a diagnostika vyžadují, aby tyto části byly dlouhodobě stabilní. U nejmodernějších zařízení je dlouhodobá stabilita zajištěna realizací vysoce stabilních vnitřních referenčních signálů s redundancí. Jejich dlouhodobá stabilita v průběhu životnosti přístroje je také neustále sledována.

Následující kapitola to podrobně vysvětlí a poskytne přehled o tom, jak jsou tyto principy realizovány u moderních průtokoměrů.

3. Měření s trvalou kvalitou

3.1 Měřicí technika s dlouhodobou stabilitou

Moderní průtokoměry, které pracují na Coriolisově, magneticko-indukčním, ultrazvukovém nebo termickém principu, nemají žádné pohyblivé části, které by podléhaly opotřebení. Jsou vyzkoušeny v tisících úloh a známé dlouhodobě vysoce stabilními výsledky měření.

Příčinou dlouhodobé stability je právě nepřítomnost jakýchkoliv pohyblivých částí, které by mohly podléhat opotřebení. Jestliže jsou tedy průtokoměry pracující na těchto měřicích principech správně vybrány, dimenzovány a nainstalovány, lze předpokládat, že jejich funkce bude dlouhodobě stabilní. Správná technická praxe eliminuje systematické odchylky, které mohou vzniknout např. špatným výběrem materiálu senzoru, jenž vlivem měřeného média podléhá korozi.

Vestavěný systém samosledování umožňuje v čase rozpoznat vznik podmínek ohrožujících bezpečnost nebo kvalitu měření. To je důležité tehdy, jestliže je průtokoměr použit v provozních podmínkách, které mohou ovlivňovat měření nebo způsobit poruchu přístroje.

Průtokoměry měřící na základě uvedených principů jsou schopné měřit kromě primární veličiny, tj. průtoku, ještě sekundární veličiny, které jsou užitečné pro sledování a dokumentaci podmínek měření. Na rozdíl od primární veličiny poskytují sekundární veličiny informaci o funkci a celistvosti přístroje

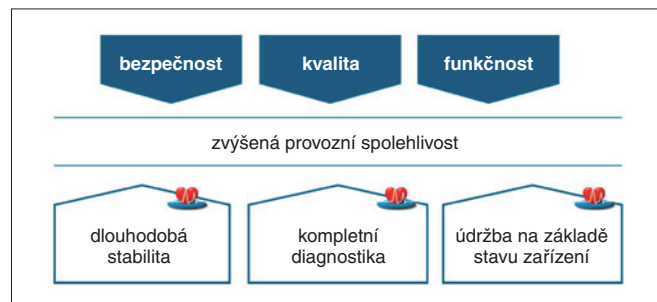
je a o podmínkách měření, které mohou mít vliv na změřenou hodnotu průtoku (kvalitu řízení procesu).

3.2 Úplná diagnostika

Diagnostika je primárně založena na neustálém sledování funkce vnitřních částí zařízení v průběhu měření. Umožňuje proto rychle reagovat na vznikající události. Uživatel je okamžitě varován, jestliže se zařízení dostane do kritického stavu. Informace jsou obvykle vyhodnocovány v souladu s doporučením NAMUR NE 107 a zobrazovány na displeji zařízení jako diagnostická hlášení (obr. 1). To zahrnuje také přímé instrukce, jaké nápravné akce je třeba učinit.

To zaručuje, že v případě odstávky je možné provoz obnovit co nejdříve, a přitom se omezují ty servisní úkony, které nejsou nezbytné.

Diagnostika navíc umožňuje detekovat stav, kdy je výsledek měření ovlivňován provozními podmínkami. Jde o události typu „mimo specifikaci“ nebo „požadavek na udrž-



Obr. 2. Předpoklady pro zvýšení provozní spolehlivosti zařízení

bu“. Signál „kontrola funkce“ je používán v případě, že v přístroji právě probíhá např. ověření, a proto aktuálně neposkytuje platnou hodnotu měřené veličiny. Všechny tyto informace zařízení předává prostřednictvím svého rozhraní. Analýza událostí v řídicím systému vyšší úrovně umožňuje operátorům reagovat na specifické diagnostické události stanoveným způsobem.

3.3 Sledování stavu zařízení

Stručně řečeno, diagnostika umožňuje rychlou a cílenou odpověď na přerušování funkce během provozu v případě výskytu odchylek nebo selhání měřicího zařízení. To ve většině případů dostatečně pro zaručení bezpečného a spolehlivého provozu. Selhání funkce během provozu, která zůstanou nedetekována nebo jsou detekována pozdě, mohou vést k neplánované odstávce provozu, výrobním ztrátám nebo ke snížení kvality produktu. To platí zejména pro případy, kde lze předpokládat selhání způsobená náročnými provozními podmínkami (tvorba nálepů a úsad, výskyt vícefázových médií) nebo kde je nutné

počítat s opotřebením (koroze, abraze). Pro tyto typy úloh je doporučeno použít sledování stavu zařízení (*condition monitoring*). Funkce sledování stavu zařízení sleduje provozní podmínky, kvalitu měření nebo narušení celistvosti zařízení. Do systému sledování stavu zařízení jsou přenášeny hodnoty popsanych sekundárních veličin. Systém potom sleduje trendy sekundárních diagnostických veličin a vyhodnocuje vazby mezi jednotlivými parametry. Nepřetržité sledování snižuje riziko nečekaného selhání.

Systém sledování stavu zařízení také umožňuje zobrazit dočasná selhání způsobená provozními podmínkami, které nelze detekovat ani kalibrací, ani ověřením, protože tyto úkony zjišťují stav přístroje jen v určitém okamžiku.

3.4 Ověřování průtokoměrů

Ověřování¹ průtokoměrů se používá pro zjištění stavu zařízení v daném okamžiku. Ověřením se prokazuje, že průtokoměr splňuje specifické technické podmínky určené výrobcem nebo uživatelem.

V průběhu ověřování jsou aktuální hodnoty sekundárních veličin porovnávány s jejich referenčními hodnotami a tak je určen stav přístroje. Výsledkem ověření je prohlášení, že přístroj vyhovuje nebo nikoliv.

Pro zajištění spolehlivosti výsledku jsou využívány vnitřní referenční veličiny navázané na etalon s redundantní architekturou. V případě Coriolisova průtokoměru je referenční signál generován druhým oscilátorem s nezávislou referenční frekvencí.

Výsledkem ověření je zpráva, která obsahuje kvalitativní vyhodnocení ověřovaných parametrů ve formě vyhovuje/nehovuje.

Zpráva o ověření přístroje je generována jeho webovým serverem nebo softwarem AMS. Může být implementována jako součást dokumentace o kvalitě (podle ISO 9001) nebo, jde-li o úlohy se zvýšenými požadavky na funkční bezpečnost, jako dokumentace o zkoušce funkce (pro splnění podmínek SIL).

4. Požadavky spolehlivosti

Požadavky jsou vysoké: průtokoměr musí fungovat po celou dobu životnosti beze změn kvality měření. To je nutné k tomu, aby byla:

- zajištěna bezpečnost provozu závodu,
- zaručena vysoká kvalita produktů,
- zvýšena funkčnost a produktivita výrobních zařízení apod.

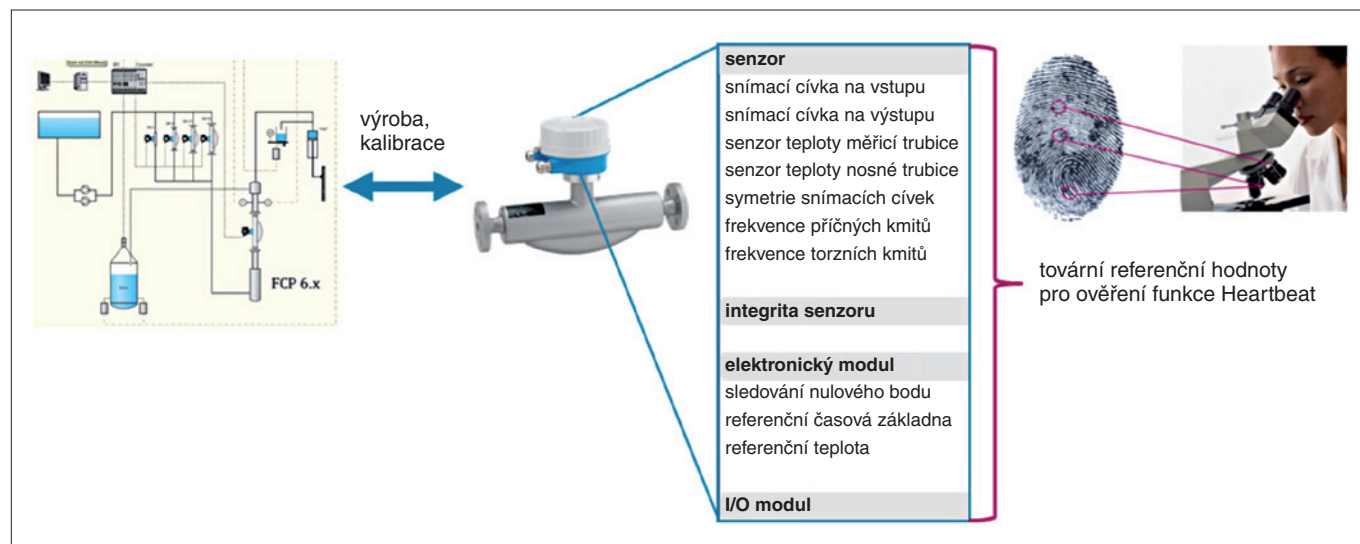
¹ Jde o diagnostické ověření, a ne o metrologické ověření stanovených měřidel.

Pro zvýšení provozní spolehlivosti je třeba splnit velké množství požadavků (obr. 2). Nejlépe jsou tyto požadavky splněny úplnou diagnostikou měřicího zařízení za provozu a metodami údržby podmíněné stavem zařízení. Jak již bylo uvedeno, efektivními metodami pro plánování údržby měřicích zařízení jsou sledování stavu a ověřování přístroje během celé doby provozu zařízení.

porovnáván s referenční hodnotou. Pro zajištění přesných výsledků měření tedy musí být spolehlivá referenční hodnota. Proto je v průtokoměru implementována samosledovací funkce referenční hodnoty. Aby tato funkce dávala věrohodné výsledky, musí být samosledování založeno na navázaném referenčním systému s osvědčenou dlouhodobou stabilitou. To umožňuje dosáhnout

ně v dokumentaci CER (*Common Equipment Record*). V CER společnost Endress+Hauser bezpečně ukládá data z celého životního cyklu všech zařízení. Uživatelé k nim v případě potřeby mohou přistupovat prostřednictvím nástroje W@MPortal.

Výchozí bod vytvořený pro účely kalibrace v závodě představuje zdokumentované hodnoty a podmínky v době, kdy byl přístroj



Obr. 3. Ověření snímače

Pro zajištění dlouhodobé stability měření je třeba splnit ještě další předpoklady. Prvním z nich je použití měřicí techniky, která je sama o sobě dlouhodobě stabilní a není citlivá na rušivé vlivy. Dalším významným předpokladem spolehlivosti moderních průtokoměrů je uplatnění funkcí samosledování podle doporučení NAMUR NE 107 *Self-Monitoring and Diagnosis of Field Devices*.

Nejdůležitějším předpokladem je však to, že výsledky diagnostiky musí být spolehlivé a musí umožňovat uživatelům přijmout odpovídající opatření. V tomto ohledu je špatná diagnostika horší než žádná. Jestliže jsou výsledky diagnostiky nespolehlivé, chybné signály o stavu procesu a měřicího zařízení snižují bezpečnost procesů a funkční spolehlivost systémů. V tomto případě chybná diagnostika nevede ke stabilizaci procesu, ale naopak k jeho přerušení. To samé platí i pro kvalitu výsledků měření: bezpečnost provozu a kvalitu výrobku lze zajistit jen tehdy, je-li měření průtoku spolehlivé.

Následující kapitoly proto pojednají o spolehlivém samosledování a měření průtoku.

4.1 Návaznost a dlouhodobá stabilita

Měřit znamená porovnávat aktuální hodnotu s hodnotou referenční. V průtokoměrech je signál aktuální hodnoty vysílán senzorem a v elektronice převodníku je

vysoké úrovni stability kvality měření dokonce bez ověření vnějším kalibračním průtokoměrem (obr. 3).

4.1.1 Návaznost

Termín návaznost je definován ve vztahu ke kalibraci. Návaznost je vlastnost výsledku měření nebo hodnoty etalonu, kterou je určen jejich vztah k národním nebo mezinárodním etalonům prostřednictvím nepřerušovaného řetězce porovnání s uvedením příslušných nejistot².

Systém ověření je založen na referenčním signálu a odpovídající referenční hodnotě. Referenční hodnota je permanentně uložena v zařízení již při jeho výrobě. Referenční systém je kalibrován s návazností na etalon již ve výrobním závodě.

V případě Coriolisových průtokoměrů, stejně jako jiných měřicích principů využívajících měření času (jako jsou vírové nebo ultrazvukové průtokoměry), je pro analýzu frekvence měřicí trubice používán referenční oscilátor. U magneticko-indukčních průtokoměrů se používá referenční napětí – měřená hodnota je určována srovnáním napětí na elektrodách senzoru s referenčním napětím.

Referenční hodnoty a podmínky v době kalibrace ve výrobním závodě jsou uloženy v zabezpečené napěťově nezávislé paměti snímače, která se nazývá HistoROM, a součas-

nový, tzn. před dodáním zákazníkovi. Proto jsou tyto informace platné po celou dobu životnosti přístroje a při rekalibraci je není třeba měnit.

4.1.2 Dlouhodobá stabilita

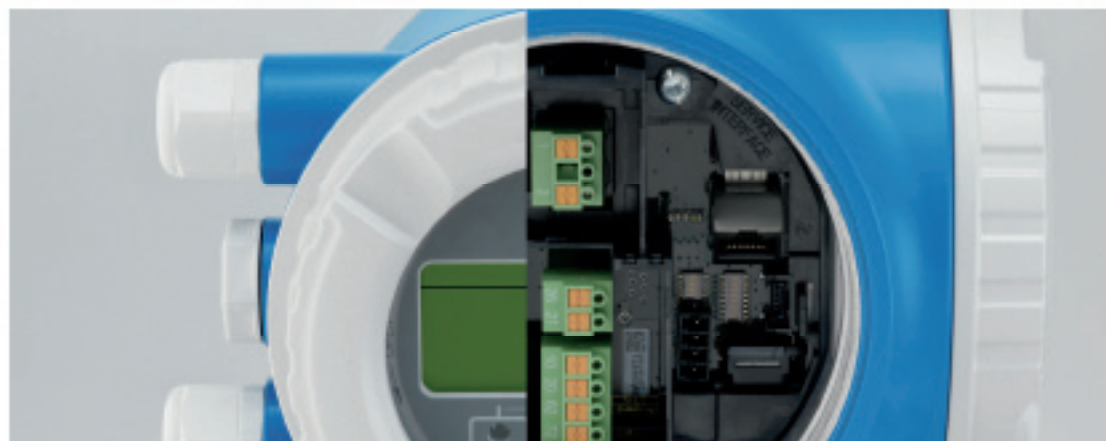
Primární referenční hodnota je monitorována druhým, redundantním referenčním systémem, čímž je zaručeno, že po celou dobu životnosti přístroje nedojde k její změně. Dva referenční signály z primárního a sekundárního referenčního modulu (např. napětí nebo frekvence) jsou permanentně srovnávány a drift nebo odchylky jsou okamžitě detekovány a oznámeny uživateli prostřednictvím diagnostiky přístroje.

4.1.3 Nezávislost na provozních podmínkách a podmínkách okolí

Průtokoměry v průmyslu často pracují po mnoho let. Referenční hodnoty s dlouhodobou stabilitou zaručují, že odchylky způsobené stárnutím přístroje nebo vnějšími vlivy jsou extrémně nepravděpodobné. Ovšem jestliže se vyskytnou, jsou ihned detekovány kontinuálně pracujícím samosledovacím systémem integrovaným v přístroji. To zaručuje vysokou spolehlivost měření. Detekování změn v čase zabraňuje, aby přístroj pracoval mimo tovární specifikaci. To zvyšuje bezpečnost provozu a zaručuje konzistentní kvalitu produktu.

² Zdroj: Mezinárodní úřad pro míry a váhy BIPM. Úkolem BIPM je zajistit celosvětovou jednotnost měření a její návaznost na etalony mezinárodního systému jednotek SI. Viz <http://www.bipm.org>

Spolehlivé měření průtoku.



Proline 300/500

Technologie měření průtoku orientovaná na budoucnost

Proline 300 a Proline 500 poskytují přídělnou hodnotu napřesko ve všem a podporují váš bezkonkurenční výhled na celý životní cyklus vašeho technologického zařízení. Tato nová generace průtokoměrů je založena na dlouholetých zkušenostech v aplikacích souvisejících s bezpečností a je navržena v souladu s požadavky SIL (IEC 61508). Proline díky své jedinečné vlastnosti – ovládnutí přes webový server, WLAN, Wireless HART, průmyslový Ethernet nebo Heartbeat technologii s komplexními diagnostickými a ověřovacími funkcemi – maximalizuje bezpečnost a spolehlivost výrobních procesů.

- Multifunkční převodníky – kombinovatelné se všemi vyzkoušenými a prověřenými senzory Promag a Promag
- Bezproblémová integrace do systému přes komunikace HART, Profibus PA / DP, FOUNDATION Fieldbus, Modbus RS485, EtherNet/IP a PROFINET

5. Ověření průtokoměru

Pro zajištění shody (kvality) produktu vyžaduje norma ISO 9001 určit, která měření a sledování je třeba provádět a které měřicí a monitorovací přístroje jsou třeba pro doložení shody výrobku se stanovenými požadavky. Pro zajištění ověřených výsledků musí být měřicí zařízení ve stanovených intervalech nebo před použitím kalibrována nebo ověřována prostřednictvím kalibračních přístrojů navázaných na národní nebo mezinárodní etalony. Záznam s výsledky provedené kalibrace nebo ověření musí být archivován.³

Popsané požadavky může kompletně splnit jediné akreditované kalibrační zařízení pro průtokoměry s doloženou návazností. Akreditace znamená formální uznání oprávnění provádět specifické služby popsané v obsahu akreditace (v našem případě tedy kalibrovat průtokoměry) a je klíčová pro transparentnost, důvěryhodnost a srovnatelnost výsledků. Nejistota měření určená neakreditovaným kalibračním pracovištěm je obecně považována za nevěrohodnou.

5.1 Vnější a vnitřní ověření

Požadavky normy ISO 9001 byly také podnětem k zavedení současné běžné praxe požadovat pro ověření měřidla nezávislý referenční systém. Ovšem tak se neověřuje primární měřená veličina (průtok), ale jen to, že zařízení plní svou funkci.

V praxi může být ověření průtokoměru provedeno dvěma způsoby: buď prostřednictvím vnějšího ověřovacího přístroje, jehož referenční systém je po celou dobu životnosti sledován a celý přístroj v pravidelných intervalech ověřován rekalicací, nebo vnitřním ověřením, které je založeno na dlouhodobě stabilní vnitřní referenční hodnotě (viz též obr. 3 v předchozí části článku). V tomto případě jsou tovární hodnoty vnitřních referenčních veličin zaznamenány při kalibraci ve výrobním závodě a bezpečně uloženy v paměti průtokoměru. Tyto referenční hodnoty tvoří základ pro následné ověřování průtokoměru po celou dobu jeho životnosti.

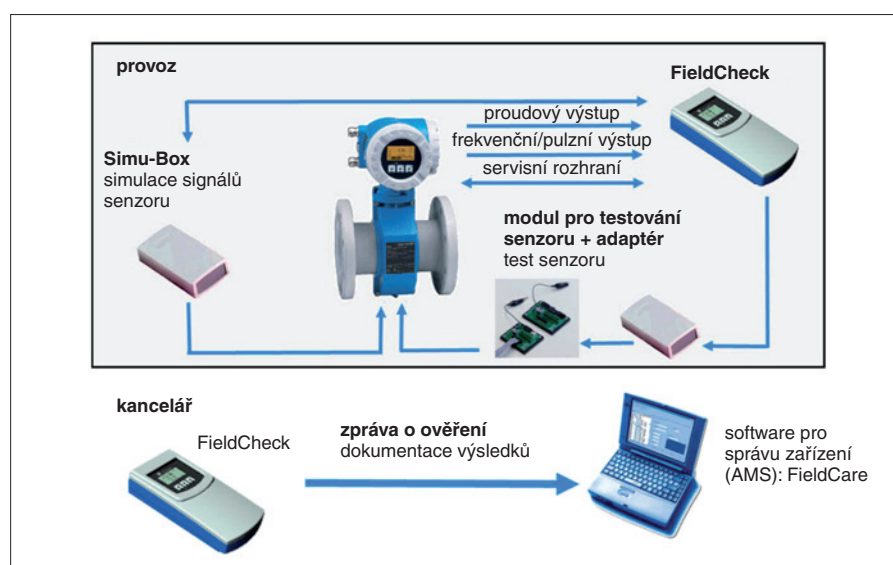
Pro průtokoměry existují různé metody ověření již mnoho let. Dříve ale nebyly k dispozici dlouhodobě stabilní vnitřní referenční systémy pro ověření průtokoměrů, a proto se vždy používaly kvalifikované vnější ověřovací přístroje. Nyní, u nejnovější generace průtokoměrů, jsou poprvé k dispozici spolehlivé vnitřní metody ověření.

Dále budou porovnány obě metody a uvedeny jejich výhody a nevýhody v praxi. Obě metody ověření jsou ovšem jen doplňkem kalibrace. Ověření přístroje není totéž jako kalibrace průtokoměru, a proto ověření neodstraňuje nutnost kalibrace.

5.1.1 Vnější ověření

K ověření průtokoměru je možné použít vnější ověřovací přístroj. Ten představuje nezávislý referenční systém a podle ISO 9001 je považován za zkušební zařízení, proto musí pravidelně procházet kalibrací.

Při ověřování je přístroj připojen k průtokoměru prostřednictvím zkušebního rozhraní, simulují se referenční signály a sleduje odezva systému. Referenční signály pro převodník jsou generovány simulátorem a referenční signály do senzoru prostřednictvím zkušebního modulu senzoru. V obou případech jsou zkoušeny elektrické vlastnosti systému. Výsledky se porovnávají s hraničními hodnotami danými výrobcem. Na obr. 4 je znázorněno ověření magneticko-indukčního průtokoměru Promag od firmy Endress+Hauser prostřednictvím přístroje pro ověření FieldCheck.



Obr. 4. Ověření elektromagnetického průtokoměru Promag (Endress+Hauser)

Signály převodníku a senzoru jsou simulovány automaticky a navzájem nezávisle. Přístroj automaticky měří odezvu průtokoměru a vyhodnocuje výsledky: jestliže jsou naměřené hodnoty v intervalu daném výrobcem, algoritmus automaticky stanoví, že zařízení vyhovuje.

Stav ověření a změřená data jsou následně použity pro dokumentaci výsledků ve zprávě o ověření. Moderní přístroje pro ověření, jako je FieldCheck od firmy Endress+Hauser, se o celý proces postarají automaticky: zkontrolují průtokoměr, simulují měřené hodnoty a zdokumentují data pro další zpracování.

Nehledě na to je však vnější ověření průtokoměru velmi složitá procedura, která vyžaduje přístup k měřicímu místu v provozu. V průběhu ověření je nutné převodník otevřít, aby do něj bylo možné prostřednictvím speciálního zkušebního adaptéru zavést vnější vstupní signály. Ověření tedy mohou vykonávat jen zkušení technici a vyžaduje přibliž-

ně třicet minut. Jsou nutné specifické znalosti o montáži průtokoměru a jeho údržbě. To je důvod, proč je ověření většinou zajišťováno jako služba, tj. jako součást servisní smlouvy.

5.1.2 Vývoj metod a techniky pro vnitřní ověření

Vnitřní ověření je založeno na schopnosti zařízení ověřit svou vlastní funkci vestavěnými zkušebními procedurami, které lze spustit na vyžádání. Jednotliví výrobci měřicích zařízení do průtokoměru integrují diagnostické, samosledovací a ověřovací funkce, které lze u všech instalovaných přístrojů využívat jednotným způsobem. Příkladem jsou průtokoměry Proline od firmy Endress+Hauser s vestavěnou samodiagnostikou Heartbeat Technology.

V průběhu ověřování průtokoměru jsou aktuální hodnoty sekundárních parametrů

srovnávány s jejich referenčními hodnotami, z čehož je možné posoudit stav přístroje. Výsledkem ověření je výrok „vyhovuje“ nebo „nevyhovuje“. Jednotlivé zkoušky a jejich výsledky jsou zaznamenány v paměti průtokoměru a mohou být využity pro vytištění zprávy o ověření přístroje.

5.1.3 Spolehlivost metod vnitřního ověření

Spolehlivost výsledků ověření je založena na využití referenčních hodnot s redundancí, návazných na etalonové hodnoty, které jsou součástí systému pro ověření měřicích zařízení. V případě magneticko-indukčních průtokoměrů je to referenční napětí, které představuje sekundární nezávislou referenční veličinu.

Integrovaná autodiagnostika nahrazuje potřebu vnějšího zkušebního zařízení jedine v případě, že je založena na redundantním referenčním systému navázaném na podnikové etalony. Spolehlivost a nezávislost zkušební

³ Zdroj: EN ISO 9001:2008; kapitola Měřicí zařízení.

metody jsou zajištěny kalibrací nebo ověřením referenčních hodnot v závodě a nepřetržitým sledováním jejich dlouhodobé stability v průběhu celé doby života výrobku.

Vnitřní ověření přístroje odstraňuje nutnost používat vnější a doplňková zařízení a odstranit možnost špatné manipulace s nimi, proto je v praxi spolehlivější než vnější ověření.

5.2 Diagnostické pokrytí

Otázka diagnostického pokrytí může být osvětlena na specifickém příkladu: požadavek na vysoké diagnostické pokrytí je splněn, jestliže je při konstrukci měřicího zařízení počítáno s jeho samosledováním jako s jeho integrální součástí už od samého počátku. Například funkce Heartbeat Technology byly vyvíjeny současně s průtokoměry Proline. Díky tomuto konceptu jsou ve všech elektronických modulech přístroje k dispozici diagnostické zkoušky.

V nových průtokoměrech Endress+Hauser je tento koncept plně začleněn, a proto je diagnostické pokrytí srovnatelné nebo vyšší než při vnějším ověření. Základním parametrem je *TTC* – *Total Test Coverage*, který uvádí, jak účinné a věrohodné zkoušky jsou.

Hodnota faktoru *TTC* je vyjádřena pro náhodné závady následujícím vzorcem (výpočet je založen na metodě FMEDA podle IEC 61508):

$$TTC = (\lambda_{TOT} \lambda_{du}) / \lambda_{TOT}$$

kde

λ_{TOT} je počet teoreticky možných závad,
 λ_{du} počet nedetekovaných nebezpečných závad.

Jako „nebezpečné“ závady se označují ty, které mohou zkusit měření nebo je přerušit. Integrované samosledující funkce průtokoměrů Proline obecně detekují více než 95 % všech potenciálních závad (*TTC* > 95 %). Například Coriolisův průtokoměr Proline Promass 100 má pokrytí *TTC* = 96 %.

5.3 Případové studie

Velké diagnostické pokrytí umožňuje použít funkci ověření pro kontrolu funkčnosti měřicího zařízení v měřicích bodech souvisejících s kvalitou výsledného výrobku a pro průtokoměry použité v systémech souvisejících s funkční bezpečností (SIS).

V současné době je běžnou praxí zajišťovat kvalitu měření průtokoměrů pravidelnou kalibrací za použití těchto metod:

- kontrola měřené hodnoty kalibračním zařízením: měřená hodnota je recalibrována s využitím kalibračního zařízení, jež splňuje podmínky normy ISO 17025 (všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří), přičemž kalibraci lze provést na místě pomocí mobilního kalibračního zařízení, nebo ve výrobním závodě, což je však spojeno s nutností průtokoměr demontovat a odeslat do laboratoře,

- kontrola měřené hodnoty přes sumátor průtokoměru: měřeným médiem se naplní kalibrovaná měřicí nádoba, přičemž průtok při plnění odpovídá zhruba limitní hodnotě průtoku, který má být sledován, a poté se odměří množství média v nádobě a údaj se porovná s údajem sumátoru průtokoměru.

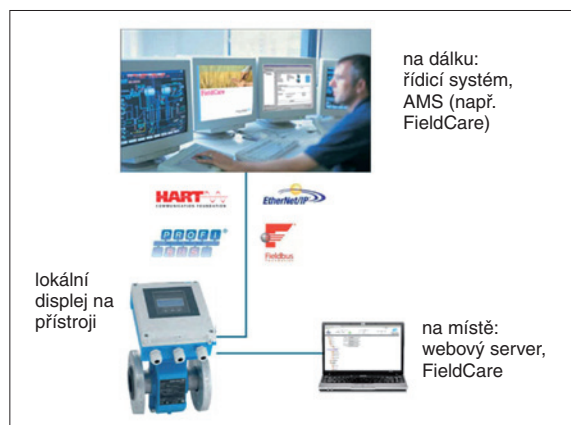
Kontrola měření kalibrací pokrývá 98 % nebezpečných nedetekovaných poruch. V případě úloh spojených s funkční bezpečností je tedy diagnostické pokrytí *PTC* (*Proof Test Coverage*) 98 %.

Naproti tomu při použití vnitřního ověření, např. funkcí Heartbeat Technology u průtokoměrů Proline, mohou uživatelé zkoušet průtokoměry instalované v provozu. Protože

né hodnoty. Jestliže však je ověření součástí přístroje, je možné sběr dat a jejich interpretaci realizovat přímo v přístroji. Výhodou je to, že údaje o funkčnosti jsou potom dostupné prostřednictvím všech ovládacích a servisních rozhraní.

Postup ověření závisí na měřicím principu a trvá od několika sekund do přibližně deseti minut. Skutečná úspora času ovšem spočívá ve snadném použití, protože pro ověření není třeba žádné složité nastavování a komunikace s měřicím přístrojem.

Začlenění funkce ověření do měřicího přístroje přináší množství dalších výhod, které jsou založené na zjednodušení celého procesu ověření.



Obr. 5. Možnosti spouštění a ovládání procesu ověřování průtokoměrů

zkouška je realizována vnitřním diagnostickým systémem, celkové diagnostické pokrytí *TTC* dosažené touto metodou je 95 % a lepší. Toto pokrytí se týká i dokumentace zkoušek v úlohách, kde se sleduje kvalita výsledného výrobku.

5.4 Ověření senzoru

Elektronika je navíc schopná na vyžádání také ověřit funkce senzoru. Při tom se ověřuje funkčnost a celistvost senzorového systému. V případě Coriolisových průtokoměrů Promass se zkouší funkce elektrodynamického budiče, elektrodynamických senzorů a senzorů teploty, stav kabelů, konektorů a měřicích trubice. U magneticko-indukčních průtokoměrů Promag se ověřuje budič systému a proud v cívce. U vírových průtokoměrů Prowirl je předmětem ověření elektrická a mechanická celistvost vírového senzoru a senzoru teploty. Tímto způsobem je možné detekovat systematické chyby způsobené vlastnostmi média nebo provozními podmínkami.

5.5 Další výhody vnitřního ověření

Výsledky vnitřního ověření jsou stejné jako v případě ověření vnějšího: je to určení, zda přístroj vyhověl nebo nevyhověl, a znamenány jsou také nezpracované naměre-

5.5.1 Bezpečnost a kvalita

Ověření měřicího bodu je možné spustit podle potřeby ze všech ovládacích rozhraní (místního displeje nebo webového serveru), stejně jako ze servisních rozhraní dostupných prostřednictvím komunikačních sítí (HART, Profibus, Foundation Fieldbus, Modbus nebo EtherNet/IP; obr. 5). Proces ověření je možné spustit také ze systémů vyšší úrovně (AMS nebo PLC). Výsledkem je spolehlivé ověření stavu přístroje. Přitom není třeba přístup do provozního prostředí, což snižuje riziko pro obsluhu.

Lepší je také kvalita výsledků ověření, protože se snižuje riziko omylů a lidských chyb.

Vnitřní ověření je možné realizovat mnohem častěji než vnější – denně nebo před začátkem každé výrobní dávky –, protože je snadno dostupné a celý proces trvá jen několik minut, bez nutnosti přerušit nebo ukončit probíhající výrobní proces. To zvyšuje bezpečnost a spolehlivost provozních zařízení a pomáhá zvýšit kvalitu výsledného produktu.

5.5.2 Vyšší dostupnost provozních zařízení

Přístroje s vnitřním ověřením mohou ukládat výsledky ověření v paměti převodníku. To platí nejen pro výsledek ověření (vyhověl/nevyhověl), ale i pro měřené hodnoty. Výhodou je, že data jsou dostupná pro pozdější dokumentaci a je možné off-line vytvářet zprávy o ověření jako součást dokumentace o kvalitě výrobku. Navíc lze srovnáním výsledků zkoušek v čase detekovat trendy a sledovat je po celou dobu životnosti měřicího zařízení. Tak lze sledovat stav měřicího zařízení v čase a vliv provozních parametrů na výsledky měření. To pomáhá při prevenci neočekávaných poruch. A nakonec, tato data je možné využít také pro lepší plánování údržby. Výsledkem jsou úspory nákladů vyplývající z lepší dostupnosti provozních zařízení a zvýšené efektivity servisu a údržby.

5.6 Elektronická dokumentace výsledků ověření

Ruční záznam dat při dokumentaci činnosti systémů pro ověřování je již považován za zastaralý a nahradila jej elektronická dokumentace (obr. 6), odolná proti dodatečné manipulaci a snižující riziko lidských chyb. To, že operátor nemusí výsledky zkoušek zapisovat na papír, celý proces zrychluje a v důsledku toho také snižuje náklady. Zvyšuje se kvalita výsledků ověření, protože se v nich vyskytuje méně chyb způsobených lidskými omyly.

Data získaná při ověření mohou být předána do softwaru pro správu zařízení – AMS, kde jsou archivována a analyzována: kromě výsledků ověření (vyhovuje/nevhovuje) se zaznamenávají aktuální hodnoty všech měřených veličin. Tato data mohou být využívána pro sledování trendů po celou dobu životnosti měřicího zařízení – umožňují usuzovat, jaký je stav měřicího zařízení, a omezovat neočekávaná selhání.

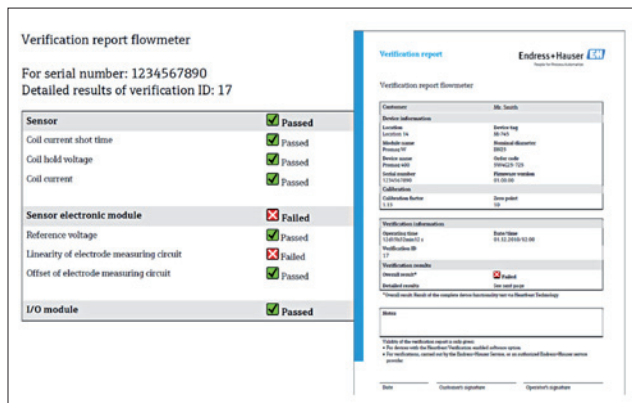
Velkou výhodou ověření je skutečnost, že pro ně není třeba demontovat průtokoměr z potrubí, a proto může být realizováno bez přerušení procesu. To výrazně snižuje nejen náklady ve srovnání s kalibrací, ale také počet potřebných odstávek.

6. Kalibrace a ověření

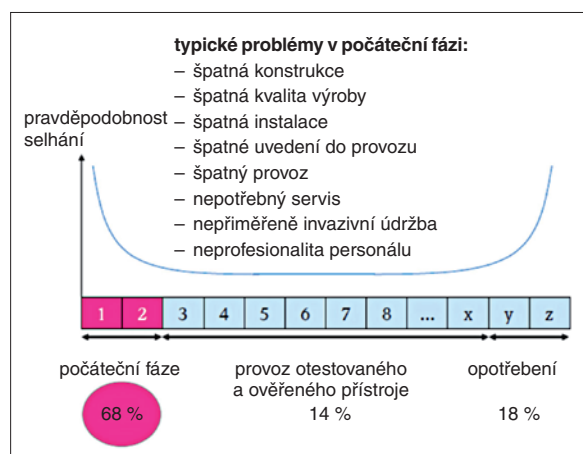
Ověření je ideálním doplněním recalibrace průtokoměrů, zvláště tam, kde je nutné počítat s možností výskytu systematických chyb. „Systematickou“ chybou je zde míněna chyba, jejíž příčinou je způsob použití průtokoměru nebo vliv provozních podmínek. Příkladem může být koroze senzoru, jestliže je použit materiál, který pro dané médium není nejvhodnější. Do této kategorie chyb spadají též rostoucí nejistota měření vlivem nepříznivých provozních podmínek nebo nesprávné montáže. Příčina je vždy ve vzájemné vazbě mezi měřicím přístrojem a měřeným médiem nebo okolím. Příčiny se navíc zpravidla vyskytují již při instalaci snímače nebo mohou být zjištěny při jeho ožívání. Systematickým chybám lze zabránit správným výběrem snímače, jeho správnou montáží a uvedením do provozu. To je také důvod, proč se v praxi vyskytují relativně zřídka. Jestliže se taková chyba přesto vyskytne, je často detekována a odstraněna už na začátku životního cyklu měřicího přístroje.

Na obr. 7 je vanová křivka, která ilustruje pravděpodobnost selhání přístroje v průběhu jeho životního cyklu. Podle ní k 70 % selhání

dochází v počáteční fázi používání přístroje. Potom pravděpodobnost selhání rychle klesá a po dlouhou dobu zůstává nízká a konstantní. Na konci životnosti se pravděpodobnost selhání opět zvyšuje. Nejde ovšem už o vliv systematických chyb, ale projevuje se přirozené stárnutí komponent. Zkušenosti ukazují,



Obr. 6. Protokol o ověření průtokoměru



Obr. 7. Vanová křivka pravděpodobnosti selhání

že moderní průtokoměry, které nemají žádné pohyblivé části, jež by podléhaly opotřebení, mají zhruba stejnou křivku životního cyklu. Jejich technická životnost může bez problémů přesáhnout deset let.

Díky znalosti této křivky mohou uživatelé optimalizovat intervaly kalibrace a ověření svých měřicích zařízení. Jestliže je zařízení již vyzkoušeno v provozu – v praxi k tomu dochází zpravidla po jednom nebo dvou letech –, je možné konstatovat, že potenciál výskytu systematických chyb, zvláště těch,

kteří jsou způsobeny vlivem provozních podmínek působících na senzor, je velmi omezený. To znamená, že se snímač nachází v plochém dnu křivky. V této fázi poskytuje ověření výsledky srovnatelně spolehlivé jako recalibrace. Je to proto, že spontánní chyby jsou v této fázi životnosti způsobeny nejčastěji elektronickými komponentami a diagnostika elektroniky v převodníku je snadná a spolehlivá. To umožňuje měřicí přístroje zkoušet jen ověřením. Kalibraci sice není možné zcela pominout, ale intervaly mezi recalibracemi je možné prodloužit např. z jednoho roku na tři. To šetří provozní náklady, protože náklady na recalibraci jsou tvořeny nejen náklady na vlastní proces zkoušení, ale také náklady na dopravu recalibrovaného přístroje a zvláště náklady na nutnou odstávku zařízení.

První ověření přístroje, k němuž dochází již při uvedení do provozu a kdy jsou také stanoveny příslušné ověřovací procedury, dokumentuje stav přístroje, který je „jako nový“, a pomáhá odstranit systematické chyby.

V první fázi životního cyklu je třeba měřicí schopnosti a celistvost průtokoměru monitorovat záznamem výsledků kalibrací i ověření. Jestliže kalibrace ukazuje, že měřicí schopnosti zůstávají beze změny po několika cyklech recalibrace, lze systematické chyby vyloučit a přístroj považovat v dané úloze za vyzkoušený a osvědčený. Poté lze intervaly recalibrace prodloužit, zatímco intervaly ověření zůstanou zachovány.

Častější sledování parametrů ověřením (denně nebo před každou novou výrobní dávkou) usnadňuje identifikaci změn měřicích vlastností

přístroje a zvyšuje důvěryhodnost výsledků:

- u přístrojů zkoušených pravidelným ověřením se zvyšuje kvalita výsledků, protože odchylky v provozu jsou odhaleny mnohem dříve,
- sledováním trendů v čase je možné včas učinit nápravná opatření, dříve, než dojde k selhání přístroje, a tím snížit náklady na údržbu a omezit neplánované odstávky zařízení,
- protože náklady na ověření jsou výrazně menší než náklady na recalibraci, je možné přístroje ověřovat mnohem častěji, a tím se

<p>1. Diagnostika:</p> <ul style="list-style-type: none"> – kontinuální testování za provozu – rychlé a stručné doporučení nápravy při poruše 	<p>2. Monitorování:</p> <ul style="list-style-type: none"> – kontinuální sledování pro účely externí analýzy trendů – umožňuje realizovat údržbu podmíněnou stavem zařízení 	<p>3. Ověření:</p> <ul style="list-style-type: none"> – potvrzení provozní spolehlivosti na vyžádání – vytváří doklady pro elektronickou dokumentaci kvality
--	--	---

Obr. 8. Zajištění vyšší spolehlivosti průtokoměrů autodiagnostikou, sebemonitorováním a ověřením

zvyšuje spolehlivost měření a kvalita výsledného výrobku,

- protože ověření lze realizovat u průtokoměrů pracujících na libovolných měřicích principech, lze ji použít i tam, kde by rekalibrace byla ekonomicky nezdůvodnitelná.

7. Závěr

Průtokoměry, jejichž nedílnou součástí je funkce samosledování, mají vyšší spolehlivost. Uživatelům přináší výhody třemi způsoby (obr. 8).

1. *Neustálá samodiagnostika* umožňuje reagovat rychle a cíleně na poruchu přístroje nebo na problém s danou měřicí úlohou. Jestliže diagnostický systém generuje speci-

fické hlášení a doporučí opravné opatření, je řešení problémů velmi rychlé.

2. Jestliže je informace z autodiagnostického systému exportována ze zařízení do nadřazeného systému, lze ji využít pro *sledování stavu zařízení*. Neustálý dohled nad stavem zařízení a probíhajícími procesy umožňuje na základě sledování trendů realizovat proaktivní opatření a tak omezit neplánovanou údržbu.

3. Spolehlivé metody samosledování jsou založené na továrních navázaných referenčních veličinách, které mají velkou a dlouhodobou stabilitu. Tyto metody je možné použít pro *vnitřní ověření* průtokoměrů a dokumentaci pro účely řízení kvality (ISO 9001) nebo i pro bezpečnostní úlohy (SIL – opakující se funkční zkoušky) a pro ověření metrologických požadavků (stanovená měřidla).

Modularita řešení umožňuje přizpůsobit funkce autodiagnostiky, samosledování a ověření požadavkům dané úlohy. Tím, že se pro širokou škálu zařízení využívá jednotná sada funkcí, je zajištěno konzistentní ovládání všech instalovaných měřicích přístrojů.

Protože řada převodníků Proline s funkcí Heartbeat Technology je v oblasti měření průtoku vhodná pro všechny instalované průtokoměry, mohou zákazníci optimalizovat své pracovní procesy prostřednictvím důsledné standardizace. To omezuje složitost navrhovaných řešení a umožňuje realizovat další úspory v oblasti inženýringu, provozu, servisu a údržby.

Gernot Engstler,
Endress+Hauser Product Management

Seznamte se s novou technikou – ovlivní naši budoucnost

Veletrh Věda Výzkum Inovace je velmi rychle rostoucí veletrh v ČR. Tato jedinečná a komplexní výstavní akce umožňuje odborníkům, laické i poučené veřejnosti získat informace o současném technickém vývoji, nových objevech a inovacích. Ve dnech 15. až 17. května 2018 se uskuteční třetí ročník veletrhu a podle rodící se skladby vystavovatelů i doprovodného programu je zřejmé, že bude velmi zajímavý.

Autory myšlenky a hlavními organizátory veletrhu jsou bratři Martin a Michal Jančové ze Zlína. „Už delší dobu jsem si uvědomoval, že česká věda, výzkum a inovace se dynamicky rozvíjí, a že chybí skutečně velká akce, která by spojovala všechny oblasti a umožnila jednou za rok prezentovat se všem, kteří mají zájem na prohlubování lidského poznání a na inteligentním a smysluplném rozvoji naší společnosti i průmyslu. To je základem budování progresivního obchodního prostředí a zvyšování naší konkurenceschopnosti ve světě. Je zákonité, že jsme se inspirovali i v zahraničí, kde jsou veletrhy zabývající se novinkami vědy a výzkumu stále populárnější,“ řekl Martin Janča.

Mezi české vystavovatele na veletrhu Věda Výzkum Inovace patří inovativní firmy, uni-

verzity, výzkumné organizace, klastry, inovační centra, vědecko-technické parky, ale i média, poradenské firmy a orgány státní správy a mnoho dalších. V minulých ročnících se zúčastnilo přes 250 vystavovatelů a veletrh si prohlédlo více než 6 500 návštěvníků. Příští ročník bude jistě ještě větší.

Zájem o veletrh roste, neboť informace z oblasti vědy a výzkumu jsou v současnosti velmi žádané. Kromě prezentace výsledků ve výstavních expozicích se mohou vystavovatelé a návštěvníci také zúčastnit akcí doprovodného programu – kulatých stolů, seminářů, diskusních panelů, workshopu a setkání B2B. Navíc pořadatelé veletrhu nabízejí uveřejnění informací o vystavovatelích před veletrhem i po něm prostřednictvím online komunikace, což je velmi požívaná služba.

Podle zahraničních a tuzemských zkušeností roste obliba různých prezentačních akcí a veletrhů, na kterých se představují výsledky vědy a výzkumu, protože online komunikace a přístup k novinkám na síti vytlačují fyzický kontakt. Na veletrhu si může každý noviniku nebo vynález doslova osahat a vytvořit si jasnou představu o všech detailech, které se

na síti nedozví. Vystavovatelé se proto snaží vytvářet své expozice pro veletrhy co nejzajímavější a nejnázornější. Podobné je to na celém světě, každoročně se koná řada akcí – v Nizozemsku, Izraeli a v mnoha dalších zemích je třeba oblíbený Innovation Fair, v Indii pořádají India International Innovation Fair a podobné akce probíhají také v Číně, v USA a v mnoha dalších státech. Nejbližším veletrhem je v současnosti německý Research and Technology, který se uskuteční od 23. do 27. dubna v rámci Hannover Messe. S mottem *Where the Future Comes Alive* slibuje návštěvníkům i vystavovatelům zážitek i spoustu obchodních příležitostí. Na loňském veletrhu bylo 700 vystavovatelů, více než 1 500 produktů a 330 akcí doprovodného programu a letos tam právem očekávají výrazný nárůst zájmu stejně jako český Veletrh Věda Výzkum Inovace.

„Připravovaný veletrh VVVI 2018 přinese řadu novinek, za nejzajímavější považuji zahraniční účast vystavovatelů. Bojím se trochu říct, že náš veletrh je mezinárodní, ale v podstatě už je,“ podotkl skromně Martin Janča.

(VVI)



Předplatné časopisu **AUTOMA**
Ize pohodlně sjednat na stránkách www.automa.cz