



Optimálne využitie potenciálu prevádzkových meracích prístrojov

Dve asi najčastejšie merané veličiny v priemyselných technologických procesoch – teplota a prietok. Presnosť ich merania môže ovplyvňovať nielen kvalitu vyrábaných produktov, ale často aj bezpečnosť procesov či samotných pracovníkov. O praktických odporúčaníach pre meranie týchto dvoch veličín sme sa porozprávali s Ing. Luborom Ševčíkom, konateľom spoločnosti TRANSCOM TECHNIK, spol. s r. o.

V spojitých technologických procesoch sa najčastejšie používa meranie teploty pomocou dvoch typov meracích členov – odporových teplomerov a termočlánkov. Ktoré podstatné kritériá sú rozhodujúce pri výbere toho-ktorého typu meracieho člena?

Meranie teploty je typickým príkladom nepriameho merania, lebo pri určení samotnej teploty sa nepoužíva etalón, ako napríklad pri meraní dĺžky alebo hmotnosti, ale fyzikálna vlastnosť materiálov, z ktorej je potom teplota odvodená. Rozhodujúcim kritériom pri výbere vhodného princípu je samotná teplota, na základe ktorej sa volí medzi odporovým teplomerom a termočlánkom. Hranicou je teplota okolo 600 °C. Do tejto teploty sa používajú zvyčajne odporové teplomery, z ktorých najrozšírenejším je typ označovaný ako Pt100, pri vyššej teplote sa používajú termočlánky. Každý z fyzikálnych princípov má svoje výhody aj nevýhody. Zloženie meraného média nemá na výber takmer žiadnen vplyv, pretože ochranu obidvoch typov teplomerov možno realizovať rovnakým spôsobom. Ďalšími podstatnými kritériami sú mechanické vibrácie v procese, rýchlosť reakcie teplomera a požadovaná presnosť merania. Štandardne platí, že odporové teplomery majú vyššiu presnosť ako termočlánky avšak, majú dlhší reakčný čas. Tu však treba povedať, že reakčný čas samotného meracieho prvku je jedna vec a reakčný čas celého meracieho reťazca je druhá vec. To nemusí byť to isté, pretože ochrannými puzdrami sa dá z rýchlosti dosť veľa stratiť.

V minulosti bol ešte jeden dôležitý faktor ovplyvňujúci výber teplomera, a to mechanické namáhanie...

Jednoznačne vo všetkých procesoch, kde sa vyskytovali vibrácie či iné mechanické namáhanie, sa uprednostňovali aj pri nižšej teplote termočlánky. V súčasnosti spoločnosť Endress + Hauser ako jediný výrobca dokáže poskytnúť odporové snímače teploty Pt100 aj pri rádovo vyšších vibráciách. Donedávna boli na trhu snímače Pt100 s odolnosťou proti zrýchleniu 10, max. 20 g, dnes sa dodávajú snímače s odolnosťou do 50 g, pričom reakčný čas T90 je menší ako desať sekúnd. Tieto dva parametre totiž úzko súvisia.

Presnosť merania teploty závisí od viacerých faktorov – či ide o 2-, 3- alebo 4-vodičové pripojenie prevodníka, od vzdialenosti medzi meracím spojom a vyhodnocovacím prístrojom, montážnej dĺžky teplomera a pod. Mohli by ste tieto aj ďalšie faktory vplyvajúce na presnosť bližšie opísať?

Myslím si, že v súčasnosti sa 2-vodičové zapojenia snímačov Pt100 už takmer nepoužívajú. Toto zapojenie má svoje slabiny, preto sa prešlo na 3- alebo 4-vodičové zapojenia. Úplne kompenzované je len 4-vodičové zapojenie, pretože len v tomto prípade možno robiť kompenzáciu vedenia. V súčasnosti je jednoznačný trend riešiť presnosť merania teploty kompenzáciou vedenia, ale riešiť to prevodníkmi v hlaviciach teplomerov. Má to svoje opodstatnenie, pretože je to ekonomickejšie riešenie. Ťahať špeciálne kompenzačné

káble na dlhé vzdialenosti je finančne náročné, zatiaľ čo ťahať obyčajný kábel, ktorý vedie prúdovú slučku na vzdialenosť napr. niekoľko desiatok metrov, je oveľa lacnejšie. Tento faktor býva často dosť rozhodujúci. Presnosť merania ovplyvňujú aj ďalšie faktory, ako je napr. elektromagnetické rušenie. Medené káble majú oveľa vyššiu odolnosť proti elektromagnetickému rušeniu ako už spomínané špeciálne káble na kompenzáciu, čo zvyšuje celkovú bezpečnosť meracích procesov. V neposlednom rade je to aj schopnosť prevodníka poskytovať aj ďalšie informácie, čiže nielen samotnú hodnotu nameranej teploty, ale dokáže strážiť snímač, či nedošlo k jeho poškodeniu, informovať o prípadnej korózii kontaktov a pod. Z hľadiska presnosti je jednoznačným trendom inštalácia prevodníkov priamo do hlavice teplomera, ak to však umožňujú teplotné podmienky na mieste merania, alebo čo najbližšie a ďalej viesť len signál 4 – 20 mA, prípadne digitálny signál ProfibusPA alebo Foundation Fieldbus.

Má na presnosť merania vplyv aj umiestnenie teplomera v potrubí?

Pri meraní prúdiacich kvapalných či plyných látok je to jeden z rozhodujúcich faktorov. Dĺžka samotného snímača by mala byť taká, aby sa dostal na miesto v potrubí, kde prúdi, takpovediac, reprezentatívna vzorka média. Ak to nemožno riešiť jedným teplomerom, je vhodné využiť viacbodové meranie teploty.

Ktoré činitele vplyvajú z dlhodobého hľadiska na stabilitu merania teploty najviac?

Stabilita merania teploty závisí od toho, či meriame teplotu odporovým teplomerom alebo termočlánkom. Z hľadiska dlhodobej stability majú odporové teplomery veľkú výhodu oproti termočlánkom, čo je dané fyzikálnou konštrukciou. Stabilitu môžu ohrozovať aj už spomínané vibrácie a mechanické namáhania pochádzajúce priamo z technologického procesu. Spoločnosť Endress + Hauser ponúka v prípade odporových teplomerov nové technológie, keď odporový snímač nie je vyhotovený z platinového drôtku osadeného v keramickom uložení, ale na vysokokvalitný keramický substrát sa technológiou totožnou s výrobou polovodičov naniesie len vrstva platiny. Tým sa znížila celková hmotnosť meracieho člena a zvýšila mechanická odolnosť v porovnaní s vyhotovením s platinovým drôtikom, čo znamenalo zmenšenie vplyvu vibrácií a mechanického namáhania na výsledok merania a dlhodobú stabilitu.

Častou chybou pri meraní teploty je aj odvod tepla smerom od procesu.

Áno, tento faktor sa často zanedbáva, pričom má veľký vplyv na výsledok merania. Samotné hlavice snímača teploty, ktoré sú často kovové, majú veľký odvod tepla od procesu. Snímací element má okolo seba navyše nejaký materiál, napr. kremíkový prášok a ďalšie elementy. Pri meraní teploty, ktorá sa pohybuje okolo 1 000 °C, môže takto odvod tepla predstavovať až 10 °C. Tiež je rozdiel, či na hlavicu svieti priame slnko alebo nie, či je umiestnená zvrchu alebo zo spodku potrubia, pretože keď teplo z potrubia sála a hlavica je umiestnená zvrchu, tak ju teplo, samozrejme, zohrieva. Prestupy tepla vedia urobiť veľké rozdiely v meraní v letných a zimných mesiacoch.

S akými najčastejšími chybami pri meraní teploty sa stretávate priamo v praxi u koncových zákazníkov?

Ako som už spomenul, v prvom rade vznikajú chyby pre nesprávnu inštaláciu snímačov a druhou zásadnou chybou je nesprávny výber snímacieho elementu. Ak vylúčime 2-vodičové zapojenia, ktoré samy osebe majú zo svojho konštrukčného hľadiska vplyv na presnosť merania, tak 70 % chýb merania teploty je spôsobených práve nesprávnu inštaláciou snímačov. Konkrétne sa to týka napríklad používania dvojvodičových ochranných puzdier v určitých typoch aplikácií, pričom vzniká zásadný časový rozdiel medzi teplotou meraného procesu a tým, čo v skutočnosti snímací prvok nameria. Často sa medzi týmito puzdrami vyskytujú vzduchové medzery bez prenosového média a reakčný čas je rádovo v sekundách. Pritom zákazník chce regulovať nejaký rýchlo sa meniaci proces. Presnosť merania je síce dostačujúca, ale rýchlosť reakcie je problém. Rovnako sa stretávame s problémom veľkých puzdier, ktoré spôsobuje aj predĺženie reakčného času. Ďalšou často sa vyskytujúcou kategóriou sú

chybné umiestnenia snímačov teploty – napr. teplota v zásobníku na sľeňnej strane bez izolácie zásobníka je iná ako na strane v tieni.

Ktoré trendy sa v súčasnosti najviac presadzujú pri meraní teploty?

Trendy sa zamerali najmä na vylepšenie snímačov Pt100. Jedným z nich je tzv. Thin Film senzor vyvinutý spoločnosťou Endress + Hauser, čiže platina nanosená na vysokokvalitný keramický substrát technológiou totožnou s výrobou polovodičov, pričom takýto snímací prvok je priamo nalepený na konci snímačej rúrky. Vďaka tomu sa dosahuje presnejšie meranie a rýchlejšie reakcie. Tým sa síce teplota, ktorú možno pomocou snímačov Pt100 merať, znížila asi na 450 °C, ale pre 80 % aplikácií v praxi je to dostačujúca hodnota. Druhým trendom sú elementy, ktoré pomáhajú eliminovať vplyv vibrácií na snímače. Spoločnosť Endress + Hauser vyvinula špeciálnu výplň snímačej rúrky, vďaka ktorej možno umiestniť snímače v prostredí s vibráciami so zrýchlením až 50g. No a, samozrejme, trendom je osadzovanie teplomerov prevodníkmi priamo do hlavice, vďaka ktorým možno získať viac informácií nielen z procesu, ale aj o stave samotného snímača. To v konečnom dôsledku predstavuje aj oveľa väčšiu bezpečnosť daného meracieho miesta. A to je cieľ, lebo samotná teplota má zásadný vplyv na bezpečnosť technologických procesov aj kvalitu vyrábaných produktov.



Druhou často meranou veličinou spojitých technologických procesov je prietok. Môžete stručne opísať vhodnosť jednotlivých princípov merania prietoku pre kvapaliny, plyny a pary a kritériá, kedy ktorý princíp zvolit?

Výber toho-ktorého typu prietokomera vyplýva z fyzikálnych princípov, ktoré sú používané. Je dobré, keď vie dodávateľ poskytnúť viacero fyzikálnych princípov, pretože niektoré sa prelínajú, niektoré sú univerzálnejšie, ale za univerzálnosť sa platí napr. zníženou presnosťou, príp. vysokými nákladmi na údržbu. Typickým príkladom univerzálnej meracej zostavy je škrtiaci element a diferenčný tlakomer. V niektorých prípadoch sa ani iný princíp použiť nedá či už pre mechanické namáhanie alebo vysokú teplotu. Na druhej strane tieto zostavy predstavujú vyššie náklady na údržbu, čo pri iných fyzikálnych princípoch nie je potrebné. Bližšie informácie o vhodnosti jednotlivých fyzikálnych princípoch pre jednotlivé typy médií môžu nájsť čitatelia na našej internetovej stránke, prípadne im radi poradíme s konkrétnou aplikáciou aj osobne.

Aké pravidlá treba dodržiavať pred miestom merania prietoku v potrubí a za ním?

Optimálne je, aby sa pred meracím miestom zabezpečilo laminárne prúdenie média. Pri kvapaline sa to dosahuje relatívne jednoduchšie ako pri plyne. Pre jednotlivé fyzikálne princípy sú uvedené minimálne dĺžky nábehových potrubí pred meracím miestom a za ním v závislosti od spôsobu narušenia profilu prúdenia (koleno, ventil a pod.). Samotný prietokomer pre svoju funkciu rovné úseky potrubí nepotrebuje, ale ovplyvňuje sa tým presnosť merania. Pri plynoch sa laminárne prúdenie vyskytuje len v teoretickej rovine. Pri projektoch sa často stáva, že za optimálne sa berú len minimálne stanovené dĺžky nábehových potrubí a aj keď bola možnosť v technológii urobiť ich dlhšie, tak sa to zbytočne posúva blízko k miestu merania. Všetko, čo je viac ako minimálne stanovená dĺžka, je lepšie pre celkovú presnosť merania. Zákazníci vedia, že oveľa jednoduchšie sa pracuje s kvapalinami ako s plynmi. Aj keď aj kvapaliny môžu

za určitých podmienok predstavovať pre merací člen ťažký oriešok. To sa týka tzv. kavitácie, vzniku bublínok v kvapaline, ktoré sú pre každý fyzikálny princíp problémom. Vytvárajú sa tým v podstate dve skupenstvá, kvapalné a plynné a to je problém. Niektoré princípy merania, napr. hmotnostný prietokomer, dokážu do určitej miery takéto javy kompenzovať. Pri hmotnostných prietokomeroch založených na Coriolisovom princípe sa súčasne s prietokom meria aj hustota a tento údaj dokáže odhaliť, že sa s meraným médiom niečo deje. Prietokomer môže obsahovať servisnú funkciu, ktorá rozpozná, že momentálne meraná hustota má vyššiu odchýlku ako definovaná hodnota produktu, čo znamená, že nejde o zmenu produktu, ale o vznik bublínok a následne možno vykonať matematickú kompenzáciu v prevodníku. Takéto meranie však nikdy nebude také presné ako to, pri ktorom sa zamedzí vzniku kavitácie.

Akým spôsobom možno zamedziť vzniku kavitácie?

Ak ide o štandardné kvapaliny, ktoré nemajú tendenciu pri danom procesnom tlaku a teplote vytvárať svoje plynné skupenstvo, môžu bublinky vznikáť len priamo v procese, a to či už pri netesnostiach potrubia, keď sa vzduch nasávaný prúdiacim médiom do potrubia mení na bublinky, alebo pri rozdielnosti tlakov a pod. Takto vzniknuté bublinky sa odstraňujú v mechanických odľučovačoch, čo sú, zjednodušene povedané, nádoby, v ktorých je kvapalina mechanicky usmerňovaná tak, aby bublinky stúpali nahor a kvapalina následne postupuje už bez nich ďalej do procesu. Pri skvapalnených plynoch sa to rieši úpravou tlakových pomerov v potrubí.

S akými najčastejšími chybami pri meraní prietoku sa stretávate priamo v praxi u koncových zákazníkov?

Jednou z montážnych chýb, ktoré sa v praxi vyskytujú a ktoré sa niekedy zdajú aj smiešne, je „dopasovanie“ potrubí, čo znamená, že na menšie potrubie sa navaria väčšie príruby tak, aby tam prietokomer „zapasoval“. Ďalšou chybou môže byť tesnenie zasahujúce do vnútra potrubia. Projektant navrhol správny princíp, je tam správna nábehová dĺžka, dokonca sú tam použité usmerňovače prúdenia a potom tesnenie na samotnom prístroji, ktoré zasahuje do vnútra potrubia, degraduje všetky správne vykonané práce. Takéto tesnenie spôsobuje veľké vírenie média priamo pred senzorom a to má veľký vplyv na celkovú presnosť merania. Typickým príkladom, kde sa s týmto neduhom možno stretnúť, sú kúrenárske aplikácie. A takéto zle umiestnené tesnenie môže mať vplyv na zlú fakturáciu počas jedného celého vykurovacieho obdobia, lebo do najbližšej odstávky sa väčšinou s meracím miestom nedá manipulovať. Okrem už uvedených chýb v inštalácii prietokomerov sú to problémy vyplývajúce zo zle zvoleného fyzikálneho princípu merania. To často závisí od toho, či si samotný prietokomer vyberá sám používateľ na základe svojich vlastných skúseností, resp. „neskúseností“, alebo či sa pri výbere spolieha na renomované inžinierske organizácie a overených výrobcov. V niektorých prípadoch je to dané aj tým, že vybraný výrobca nemá v ponuke všetky fyzikálne princípy a potom treba zvoliť ten, ktorý je z jeho ponuky najbližšie. Takéto riešenie však už zďaleka nemusí byť optimálne. Ďalšími problémami sú už spomínané nesprávne dĺžky nábehových potrubí, nesprávne použitie tesnení – presah do profilu potrubia a pod. – to všetko sú chyby, ktoré vyplývajú z nevedomosti tých, ktorí tieto meracie systémy navrhujú a inštalujú. Problém môže spôsobovať aj teplota z procesu – vtedy je potrebné, aby sa hlavica prietokomera umiestnila buď zo spodnej strany potrubia, aby ju čo najmenej ovplyvňovalo sálavé teplo, alebo sa musí použiť verzia s oddeleným prevodníkom. Samotná senzoračná časť prietokomera je na vyššie teploty určená, ale vyššia teplota môže ovplyvňovať hlavne elektroniku v prevodníku. O kavitácii sme už hovorili a jej vznik môže byť spôsobený zanedbaním nejakých informácií z daného technologického procesu alebo poskytnutie nesprávnych údajov zo strany pracovníkov prevádzky. Pri plynných médiách sa často ešte zamieňajú normometre kubické za metre kubické, čo hrá obrovskú úlohu napríklad pri výpočte optimálnej svetlosti potrubí.

Ktoré trendy sa v súčasnosti najviac presadzujú pri meraní prietoku? Je možné, že sa objavia aj nové fyzikálne princípy merania prietoku?

Typickým príkladom je hmotnostný prietokomer, ktorý sa donedávna používal len na meranie prietoku, hustoty a teploty, avšak

v súčasnosti už tieto prietokomery môžu merať súčasne aj viskozitu. Nové veci sa objavujú až po dlhšom čase, keď sa technológie presunú z laboratórnych podmienok do reálnej praxe. Nové veci sa možno črtajú už pri spomínaných hmotnostných prietokomeroch, nejaké zlepšenia možno prídu aj v oblasti ultrazvukového merania prietoku. Zásadne sa zvýšila aj kvalita poskytovaného údajov z prístroja. Know-how u výrobcov prietokomerov sa výrazne zvyšuje a z toho profitujú aj koncoví používatelia. Navyše dnes možno urobiť rôzne špecifické vyhotovenia prietokomerov vrátane špeciálnych materiálov. Tam je však otázna rentabilita takéhoto prístroja pre koncového zákazníka. Naša spoločnosť napr. dodávala prietokomer celý vyrobený z materiálov tantal a hasteloyC na báze škrtiaceho elementu a diferenčného tlakomera (procesným podmienkam nedokázal vyhovieť žiaden iný princíp), pričom cena sa pohybovala okolo pol milióna korún. A diferenčný tlakomer predstavoval z hľadiska tejto ceny nepodstatnú časť – asi tridsaťtisíc korún. Prietokomer teda možno vyrobiť, takpovediac, z ľubovoľného materiálu vhodného pre priemyselné aplikácie. Po takomto špeciálnom vyhotovení sa zvykne skúmať trh, či sa takéto vyhotovenie nedá použiť aj v iných aplikáciách a vo väčšom meradle. Niekedy sa takéto špecializované riešenie stáva štandardom pre širší okruh aplikácií. Samostatnou kapitolou sú materiály tesnení. Materiál tesnenia je často podstatný pre konštrukciu prietokomera. Vo všeobecnosti musia byť tesnenia chemicky odolné, či už tesnia nejaké vnútorné časti prietokomera, alebo oddeľujú časť prietokomera od samotného meraného média. Sú špeciálne aplikácie napr. s plynným čpavkom, ktorý je schopný difundovať cez takmer všetky tesnenia aj s veľmi hustou štruktúrou, preto sa v takýchto prípadoch používajú zvarané priechody.

Aké sú najčastejšie prípady a základné pravidlá prepojenia a komunikácie prevodníkov teploty a prietokomerov s nadradenými systémom?

To závisí od toho, aký koncept priemyselnej komunikácie sa v danej prevádzke a podniku používa. Veľký prelom nastal pri zavedení dvoch komunikačných štandardov – Profibus PA a FOUNDATION Fieldbus, ktoré ukončili éru špecializovaných firemných komunikačných protokolov zviazaných s nadradenými systémom. To uľahčuje situáciu najmä koncovým používateľom. Zjednodušuje to komunikáciu s riadiacim systémom a poskytuje samotnú diagnostiku meracieho miesta na vyššej úrovni.

Aké záverečné odporúčanie týkajúce sa prevádzkových meracích prístrojov máte pre koncových používateľov?

Záleží na type a zložitosti prevádzky, odporúčania by boli asi pre každého trochu iné. No jedno asi budú mať spoločné – dnes už žiadna výrobná spoločnosť na Slovensku nefunguje tak, že by si dokázala urobiť všetko sama – od návrhu cez projekt až po realizáciu. Tieto časy sú už definitívne preč. Preto sa treba orientovať na partnerov. Na Slovensku je dosť serióznych a kompetentných firiem – či už samotných výrobcov, dodávateľov alebo inžinierskych spoločností, ktorí majú svoje know-how v daných oblastiach a sú zárukou spoľahlivých a bezpečných riešení. V súčasnosti sa, bohužiaľ, stretávame s trendom, keď výrobné podniky prehnanou snahou znížiť náklady na realizáciu jednotlivých projektov uprednostňujú cenové kritériá pri výberových konaniach a to môže spôsobiť, že zákazku získa spoločnosť bez potrebných skúseností. Tieto spoločnosti však nemajú dostatočné know-how, ako optimálne využiť potenciál meracích prístrojov, aby sa z hľadiska ich prínosov pre celý výrobný proces a podnik dosahovali optimálne výsledky. Často je aj ten najlepší merací prístroj, ventil či riadiaci systém nasadzovaný nekompetentnými pracovníkmi degradovaný vo svojom prínose pre podnik ako taký.

Ďakujeme za rozhovor.

Anton Géer