

Volba vhodného průtokoměru je pro přesné a spolehlivé měření klíčová

Autor v článku popisuje průtokoměry nejčastěji používané v praxi a oblasti jejich použití. Výběr ilustruje na průtokoměrech ze sortimentu firmy Emerson Process Management. Uvádí konkrétní příklady instalace popisovaných průtokoměrů z praxe.

Ideální průtokoměr nemění své vlastnosti v čase ani nepodléhá opotřebení. Nikdy nepotřebuje „vynulovat“ a měří přímo v kilogramech za sekundu. Není ovlivňován změnami provozních podmínek a dynamikou proudění – nemá na něj vliv teplota, tlak, hustota a viskozita média, víry ani nesymetrie v profilu proudění. Má tlakovou ztrátu blízkou nule a minimální požadavky na instalaci, jako jsou ukladňovací úseky potrubí před průtokoměrem a za ním, popř. usměrňovače proudění. A také je vybaven pokročilou diagnostikou, která sama rozpozná jakékoliv nestandardní podmínky a pošle provozovateli zprávu SMS s návodem, jak postupovat. Zkrátka, provozovatel i státní úřady mohou mít vždy plnou důvěru ve výsledky měření.

Ideální průtokoměr ale neexistuje, zatím. Takže pracovníkům v technické praxi nezbyvá než zvolit ten nejvhodnější průtokoměr pro danou měřicí úlohu. Volba průtokoměru je velmi komplexní proces. Kromě provozních podmínek a vlastností průtokoměru je třeba zohlednit zejména význam měření a rizika s ním spojená a ekonomické náklady. V tomto příspěvku ukážu několik příkladů, jak je možné při volbě vhodného průtokoměru postupovat, a vysvětlím výhody jednotlivých konstrukčních řešení pro konkrétní úlohy.

Měření průtoku vodivých kapalin a kalů

Pro měření průtoku vodivých kapalin a kalů na prvním místě vždy uvažují o indukčních průtokoměrech. Indukční průtokoměry totiž dosahují přesnosti $\pm 0,15\%$ v měřicím rozsahu 40 : 1. Nezasahují do profilu proudění, a mají tedy minimální tlakovou ztrátu. Pro instalaci postačí relativně krátké uklidňovací úseky 5 D před průtokoměrem

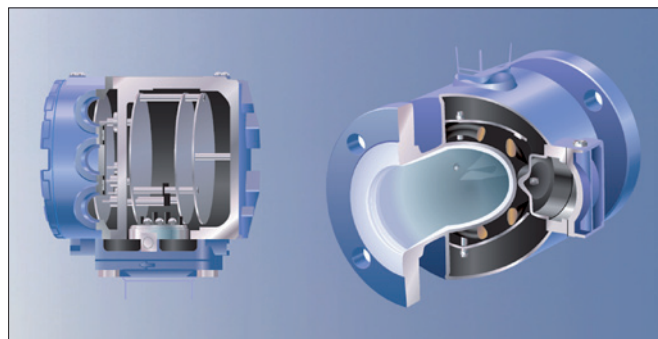
a 2 D za ním. Indukční průtokoměry je možné použít i pro velmi agresivní média a pro vysoké teploty do 177 °C. K dispozici jsou standardně v rozsahu DN 4 až DN 1 200 mm. Indukční průtokoměry jsou cenově velmi dostupné až do jmenovité světlosti DN 300 mm. Při jejich instalaci je vždy třeba dbát na kvalitu uzemnění.

Společnost Emerson nabízí pro nejnáročnější úlohy indukční průtokoměry Rosemount 8700 (obr. 1). Předností této typové řady je ro-



Obr. 1. Indukční průtokoměr Rosemount 8705 s převodníkem 8732EM v přírubovém provedení pro maximální odolnost proti vlhkosti, vibracím a elektromagnetickému záření

bustní celosvařený hermeticky oddělený dvoukomorový snímač pro maximální odolnost proti vlhkosti, vibracím a elektromagnetickému záření (obr. 2). Dvoukomorový převodník



Obr. 2. Konstrukce průtokoměrů Rosemount 8700: robustní celosvařený hermeticky oddělený dvoukomorový provedení snímače pro maximální odolnost proti vlhkosti, vibracím a elektromagnetickému záření

poskytuje silný budicí proud, 500 mA, má nastavitelnou frekvenci buzení a digitální zpracování měřicího signálu. Stoprocentní důvěra ve správnost měření uživateli zajistí komplet-

ní diagnostika včetně monitorování uzemnění, provozního šumu, zaplavení měřicí trubice a zanesení elektrod. Správné měření je možné kontrolovat na místě bez demontáže a přerušování procesu pomocí integrované patentované funkce Smart Meter Verification™.

Indukční průtokoměry Rosemount 8700 jsou certifikovány podle zákona o metrologii pro fakturační měření průtoku studené a teplé vody a jako snímače měřidel tepelné energie předané vodou.

Typickým příkladem použití indukčního průtokoměru v náročném úloze je měření horké vody při 170 °C a 2,5 MPa v sekundárním okruhu turbíny ve společnosti Elektrárny Opatovice (obr. 3). Měření je využito pro ochranu čerpadla před kavitací a přetížením a pro bilanci tepelné energie dodávané do horkovodu, kterým společnost Elektrárny Opatovice zásobuje teplem asi 60 tisíc domácností a více než 100 různých organizací. Proto bylo požadováno velmi spolehlivé měření, vysoká přesnost měření a minimální tlaková ztráta pro snížení nákladů na provoz čerpadla. Měřicí místo bylo instalováno v roce 2014 a do současnosti je spolehlivě provozováno.

Jednoduché a spolehlivé měření v náročných podmínkách

Pro měření průtoku nevodivých kapalin, plynů a vodní páry na prvním místě vždy uvažují o vírových průtokoměrech. Dosahují velmi dobré přesnosti $\pm 0,65\%$ pro kapaliny a $\pm 1,0\%$ pro plyny a vodní páru a měří v rozsahu přibližně 30 : 1. Vírové průtokoměry mají velmi malou tlakovou ztrátu a spolehlivě měří do teploty 450 °C a tlaku 25 MPa. K dispozici jsou v rozsahu DN 15 až DN 350 mm. Jako všechny rychlostní průtokoměry vyžadují uklidňovací úseky potrubí minimálně 10 D před průtokoměrem a 5 D za ním, ale jinak mohou být instalovány do běžného potrubí bez speciálních požadav-

ků na ovalitu potrubí a drsnost stěny. Vírové průtokoměry také nejsou citlivé na ostrost hrany jako clony a nehrozí zde žádné problémy se zanášením a zamrzáním impulzní-

ho potrubí. Při vypracování návrhu měření s vírovým průtokoměrem je vždy nezbytně odpovědně zhodnotit přesnost při minimálním průtoku pro danou úlohu.

Společnost Emerson nabízí pro nejnáročnější úlohy vírové průtokoměry Rosemount 8800 (obr. 4). Vysoká spolehlivost měření

ni antracénového oleje v dehtové rafinerii společnosti DEZA (obr. 7). Původní měření nebylo spolehlivé, protože zde docházelo k zanášení a krystalizaci. Nové měření je na stejném místě provozováno pět let bez údržby, což představuje výraznou úsporu provozních nákladů.

a „Δ“ pro maximální citlivost a přesnost měření (obr. 8). Tyto průtokoměry mají velmi robustní konstrukci a tlak a krut z potrubí se nepřenášejí na měřicí trubice, a neovlivňují tedy přesnost měření. Díky patentované metodě Brace Bar™ jsou průtokoměry Micro Motion odolné i proti vibracím.

Převodníky Micro Motion již osmnáct let využívají patentovanou a neustále inovovanou metodu digitálního zpracování měřicích signálů Multi Variable Digital™ (MVD). Nový převodník Micro Motion 5700 (obr. 9) dosahuje velmi krátké reakční doby, přibližně 15 ms, a odezvy T_{90} kolem 50 ms, která zajistí maximální přesnost měření v náročných úlohách, jako jsou provozní kalibrace průtokoměrů, rychlé plnění a dávkování a regulace rychlých procesů. Vlastně nejde



Obr. 3. Indukční průtokoměr Rosemount 8705 (pod izolací) na sekundárním okruhu horké vody ve společnosti Elektrárny Opatovice

Kde přesnost znamená vyšší účinnost, kvalitu a úspory

Coriolisovy průtokoměry díky přímému měření hmotnostního průtoku dosahují přesnosti měření $\pm 0,05\%$ pro kapaliny, $\pm 0,25\%$ pro plyny a přibližně $\pm 1,0\%$ pro vícefázové směsi. Díky obrovskému měřicímu rozsahu 500 : 1 je možné tyto průtokoměry provozovat v režimu s minimální tlakovou ztrátou, přibližně 5 kPa. Coriolisovy průtokoměry lze použít pro přesné měření

je zajištěna unikátní celosvařenou konstrukcí bez těsněných spojů a bez vnitřních meziprostor, kde by mohlo docházet k zanášení a ucpávání. Jedinečné konstrukční řešení s piezosenzorem umístěným vně měřicího potrubí mimo měřené médium umožňuje výměnu senzoru a celého snímače bez přerušování procesu, snížení tlaku a vypuštění média z potrubí (obr. 5). Znamená to zjednodušení a zrychlení údržby a zkrácení doby odstávek a také nevznikají náklady na instalaci případných obtoků průtokoměru. Vírové průtokoměry Rosemount 8800 jsou certifikovány podle normy pro SIL 2 nebo SIL 3 a mohou být v provedení se dvěma nebo čtyřmi nezávislými piezosenzory a převodníky pro redundantní systémy SIS v sestavě 1oo2 a nebo 2oo3 (obr. 6).

průtoku kapalin, plynů a kalu v rozsahu teplot od -200 do $+350$ °C a tlaku až do 100 MPa. K dispozici jsou v rozsahu DN 1 až DN 400 mm. Další výhodou zmíněných průtokoměrů je měření teploty a hustoty kapalin s přesností $\pm 0,2$ kg/m³. Rověž je výhodou i velká odolnost a spolehlivost: opět jde



Obr. 4. Vírový průtokoměr Rosemount 8800 Vortex

Vírové průtokoměry Rosemount 8800 jsou certifikovány podle zákona o metrologii pro fakturační měření průtoku studené a teplé vody, vodní páry a homogenních plynů a jako snímač měřidel tepelné energie předané vodou a vodní párou.

Díky unikátní konstrukci, spolehlivosti a špičkovým parametrům se průtokoměry Rosemount 8800 staly průmyslovým standardem v nejrůznějších úlohách, jako je např. měření vodní páry. Dalším příkladem použití vírových průtokoměrů Rosemount 8800 v náročných podmínkách je měře-

o celosvařené provedení bez těsnění a těsněných spojů, a hlavně bez mechanických pohyblivých částí – jde tedy o bezúdržbové provedení. Coriolisovy průtokoměry nevyžadují přímé instalační úseky potrubí, a je tedy možné je jednoduše integrovat do technologických celků. V provozu je třeba nastavit tzv. nulový průtok a pro správné měření vyžadují na výstupu minimální protitlak, optimálně přibližně 30 kPa.

Společnost Emerson nabízí pro nejnáročnější úlohy Coriolisovy průtokoměry Micro Motion řady Elite s měřicí trubicí tvaru „U“



Obr. 5. Unikátní celosvařená konstrukce vírových průtokoměrů Rosemount 8800 s piezosenzorem odděleným od měřeného média pro rychlou výměnu bez přerušování procesu



Obr. 6. Rosemount Quad 8800 Vortex SIL 2/3: vírový průtokoměr se čtyřmi nezávislými snímači a převodníky pro redundantní SIS 2oo3

jen o průtokoměr, ale díky měření několika proměnných, vyhodnocování základních diagnostických parametrů a archivu měřených dat a diagnostických údajů za posled-

ních 25 let je to ideální nástroj pro optimalizaci, lze říci „okno do procesu“. Průtokoměry mají grafický displej s intuitivním ovládáním a možnost nastavení a archivace bez speciálního softwarového a hardwarového vybavení pomocí portu USB.

Mimochodem, profesionální software pro nastavení a diagnostiku inteligentních průtokoměrů společnosti Emerson ProLink III™ je ve svojí základní verzi k dispozici k volnému stažení na internetu.

Coriolisovy průtokoměry Micro Motion řady Elite jsou standardně vybaveny pokročilou diagnostikou včetně detekce usazenin, detekce a dopočtu vícefázového toku pomocí patentované funkce Advanced Phase Measurement™ a kontroly správného měření Smart Meter Verification™. Jde o patentovanou metodu porovnání změn tuhosti měřicích trubek pomocí pěti zkušebních frekvencí během 90 s, na místě instalace a bez přerušení technologického procesu. Výsledkem je protokol o ověření s datem a časem měření, naměřenými hodnotami a grafem představujícím trend stability průtokoměru.

Coriolisovy průtokoměry jsou certifikovány podle evropské směrnice MID pro fakturační měření průtoku a hustoty kapalin, prů-



Obr. 9. Nový převodník Micro Motion 5700 – profesionální nástroj pro optimalizaci procesů



Obr. 7. Vírový průtokoměr Rosemount 8800 instalovaný v rafinerii DEZA na měření antracénového oleje – spolehlivý provoz pět let bez údržby



Obr. 8. Coriolisovy průtokoměry Micro Motion řady ELITE s měřicími trubkami tvaru „U“ a „Δ“ pro maximální citlivost a přesnost měření

toku plynů včetně zemního plynu za vysokého tlaku a superkritického etylenu. Součástí certifikace je i metoda návaznosti – kalibrace vodou. Kalibrace vodou je místně i cenově dostupná a zajistí maximální přesnost měření v nejnáročnějších podmínkách.

Coriolisovy průtokoměry se v současnosti běžně používají v mnoha průmyslových úlohách, nejen pro fakturační měření pohonných hmot, zemního plynu a drahých chemikálií. Používají se jako spolehlivé průtokoměry k měření náročných médií, jako jsou asfalt za vysokých teplot, vodík v plynném stavu a etylen v superkritickém skupenství v rafineriích (u kapalin v superkritickém stavu se při malé změně teploty nebo tlaku velmi mění hustota, proto je měření průtoku velmi obtížné). Typickou úlohou může být garanční měření plynových turbín, kompresorů a spalovacích motorů, kde snížení nejistoty měření znamená možnost lepšího nastavení stroje a prokázání vyšší účinnosti.

Příkladem takového užití je experimentální laboratoř globálního výzkumného centra

parních turbín společnosti Doosan Škoda Power (obr. 10). Coriolisův průtokoměr Micro Motion je použit k měření napájecí vody na sestřiku vodní páry před experimentální turbínou. Díky přesnému měření hmotnostního průtoku vody je možné přesně regulovat teplotu páry na vstupu do turbíny, a hlavně bylo možné snížit nejistotu garančního měření o 0,12 %, což je významné pro celý výzkum a vývoj parních turbín ve společnosti Doosan Škoda Power.

Závěr

V příspěvku bylo ukázáno, jak je volba vhodného průtokoměru komplexní a důležitá. Byly prezentovány příklady důležitých hodnotících kritérií a možných řešení. V krátkém příspěvku nebylo možné detailně



Obr. 10. Coriolisovy průtokoměry Micro Motion instalované v experimentální laboratoři parních turbín ve společnosti Doosan Škoda Power

rozebrat všechna kritéria výběru ani výhody všech měřicích principů, které se v současné době běžně používají v procesním průmyslu, jako např. výhody víceotvorové clony Rosemount 3051SFC v kompaktním provedení a víceotvorové rychlostní sondy Rosemount 3051SFA Annubar zejména pro instalace na potrubích velkých světlostí nebo výhody ultrazvukových průtokoměrů, které společnost Emerson dodává pod značkou Daniel. Na závěr nezbyvá než doporučit, aby technici vždy náročně i běžné úlohy „pro inspiraci“ konzultovali s odborníky a pro jistotu před konečným rozhodnutím vždy detailně prostudovali všechny dostupné materiály, instalační manuály a uživatelské příručky.

Libor Lojek, konzultant – specialista pro měření průtoku, Emerson Process Management (libor.lojek@emerson.com)