

# Prevádzkové a obchodné meranie prietoku – súčasnosť a vývojové trendy

## Úvod

Rastúce ceny energií a zvyšovanie požiadaviek na efektívnosť výroby pôsobí na rast nárokov na presnosť, spoľahlivosť a kvalitu merania prietoku médií. Meranie sa chápe ako zdroj úspor a príjmov, čo spôsobilo prudký vývoj všetkých metód merania prietoku.

## Prevádzkové meradlá prietoku

Dnešné požiadavky na prevádzkové meranie prietoku možno zhrnúť do týchto bodov:

- Presnosť – požiadavky dosahujú hodnoty do 1 % nominálneho prietoku, čo vyžaduje inštaláciu zariadení s korekčnými členmi.
- Vysoká opakovateľnosť a dlhodobá stabilita – zvýšenie servisného intervalu.
- Rýchlosť reakcie – zvýšenie rýchlosti a presnosti regulačných slučiek.
- Robustnosť merania – zvýšenie schopnosti odolávať vplyvom okolia (vibrácie, teploty, vlhkosti ap.)
- Automatická detekcia zníženia presnosti merania, poruchy a exaktná predikcia obdobia, keď treba naplánovať servisný zásah – úspory servisných pracovníkov, skladových zásob.

## Clonové meranie – kompaktná clona

Clonové meranie patrí k najstarším princípom merania prietoku. Meria kvapaliny aj plynné médiá. Výsledkom jeho rozvoja v oblasti prevádzkového merania je kompaktná clona.

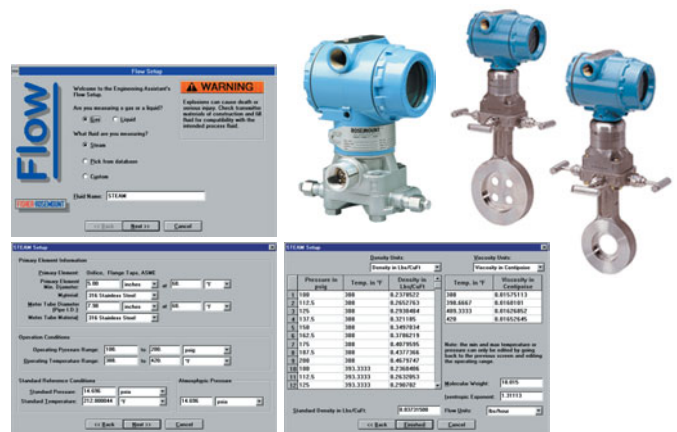
Parametre kompaktnej clony:

- presnosť: kvapalina – 0,85 %, plyn – 1,35 % nominálneho prietoku,
- opakovateľnosť: 0,1 % nominálneho prietoku,
- pomer merania: 1 : 8,
- dĺžka nábehového a výbehového potrubia: 2 x DN,
- inštalácia medzi jestvujúce príruby,
- malá tlaková strata – existencia štyroch otvorov v clone minimalizuje tlakovú stratu,
- dodávka s korekčným členom predstavuje dodávku prietokomera – výstupom prístroja je korigovaný prietok, príp. hmotnostný prietok.

## Prečo korigovaný prietok?

Výpočet prietoku clony predpokladá definovaný tvar profilu príchodu meraného média. Pri clone je profil navrhnutý pre 60 % nominálneho prietoku clonou. V prípade absencie korekčného člena, ktorý vyrovná chybu profilu a vplyv teplôt na clonové meranie, môže chyba merania dosiahnuť hodnotu do 10 %. Príkladom korekčného člena je Rosemount 3095, ktorý na korekciu využíva údaje o tlaku, diferenčnom tlaku, teplote a chemickom zložení média. Ide o multifunkčný prevodník na báze snímačov tlaku radu Rosemount 3051.

Na obr. 1 je zobrazený prietokomer – kompaktná clona s prevodníkom Rosemount 3095 a konfiguračný softvér zariadenia. Prevodník Rosemount 3095 sa inštaluje aj k Anubar-u firmy Rosemount.



Obr.1

## Anubar – Probar, Massprobar

Primárnou oblasťou merania na báze Anubar-u je meranie prietoku v potrubíach s veľkým priemerom. Meria kvapaliny aj plynné médiá. Meranie Anubar-om prešlo v posledných rokoch zásadnými zmenami. Výsledkom jeho rozvoja je primárny prvok v tvare profilu T.

Parametre merania:

- presnosť: 1 % hmotnostného a 1,4 % objemového nominálneho prietoku (0,8 % s hlaviceou Rosemount 3051S),
- opakovateľnosť: 0,1 % nominálneho prietoku,
- pomer merania: 1 : 8 (14 v prípade hlavice radu Rosemount 3051S),
- dĺžka nábehového a výbehového potrubia: 20 x DN pred a 5 DN za meradlom,
- vyťahovateľnosť za prevádzky (bez vypustenia/odtlakovania potrubia),
- malá tlaková strata,
- implementovanie snímača teploty v telese Anubar-u,
- optimálne pokrytie meraného profilu (úzke a dlhé štrbiny bránia upchatiu meradla a maximalizujú pokrytie meraného profilu potrubia),
- profil T meradla zlepšuje pomer signál/šum – odolnosť voči vplyvu prevádzky (vibrácie ap.),
- profil T zvyšuje pevnosť meradla, čo umožňuje jeho nasadenie v oblasti prietokov s veľkými rýchlosťami prúdenia meraného média,
- dodávka s korekčným členom predstavuje dodávku prietokomera – výstupom prístroja je korigovaný prietok, príp. hmotnostný prietok.

## Primárny prvok (Anubar) versus prietokomer (Probar, MassProbar)

Meranie Anubar-om je rýchlostným meraním. Rýchlostný princíp však neurčuje správne množstvo prepraveného média, ktoré závisí od teploty a tlaku v potrubí (pri plynoch). Použitím korekčného člena sa získava korigovaný údaj, nezávislý od prevádzkových



Obr.2

zmien výrobného procesu. Príkladom korekčného člena je Rosemount 3095. Na obr. 2 je zobrazený prietokomer – Mass-Probar s prevodníkom Rosemount 3095 a teplomerom v telese anubaru.

### Vortex – vírový prietokomer

Meranie prietoku na báze vírových prúdov je jedným z najrozšírenejších meraní v priemysle. Meria kvapaliny, paru i plynné médiá. Možno ho použiť aj v obchodnom styku.

Parametre merania:

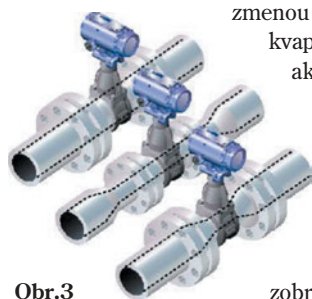
- presnosť: kvapaliny – 0,65 %, plyny – 1,35 % z nominálneho prietoku,
- opakovateľnosť: 0,1 % nominálneho prietoku,
- pomer merania: 1 : 30,
- dĺžka nábehového a výbehového potrubia: 35 x DN pred a 5 DN za meradlom,
- neobsahuje pohyblivé časti – nevyžaduje pravidelný servis,
- senzor je vymeniteľný za prevádzky,
- malá tlaková strata.

### Redukovaný Vortex

Nevýhodou Vortex-u je požiadavka na pomerne vysokú rýchlosť meraného média prúdiaceho meradlom. Zvýšenie rýchlosti sa dosahovalo zúžením nábežných a výstupných potrubí v oblasti meradla. Súčasne dochádzalo k zvýšeniu nákladov spojených s inštaláciou prístroja a zvýšeniu prevádzkových nákladov spojených s kompresnou prácou zariadení prepravujúcich merané médium. Pri chybnom zadefinovaní prietokových parametrov v potrubí alebo zmenách vo výrobnom procese spojených so

zmenou požiadavky na prietok meraných kvapalín a plynov presahovali náklady akceptovateľný rámec. Riešením týchto problémov je použitie redukovaného Vortex-u, ktorý dosahuje zvýšenie rýchlosti média lokálnym zúžením priemeru potrubia v telese meradla.

Na obr. 3 je v dolnej časti obrázku zobrazený redukovaný Vortex:



Obr.3

### Coriolisov prietokomer Micro Motion

Coriolisov prietokomer je z prevádzkového i obchodného hľadiska jedným z najzaujímavejších meradiel. Dokáže merať plyny, kvapaliny, lepidlá i živice. Ide o jedinečné zariadenie s týmito parametrami:

- presnosť:
  - kvapaliny: 0,1 % okamžitého prietoku,
  - plyny: 0,35 % okamžitého prietoku,
  - kvapaliny a plyny: 0,5 kg/m<sup>3</sup> – meranie hustoty,
- opakovateľnosť:
  - kvapaliny: 0,05 % okamžitého prietoku,
  - plyny: 0,2 % okamžitého prietoku,
- nevyžaduje žiadne nábežné a výstupné dĺžky potrubia,
- meria obojsmerne,
- rozsah merania: 1 : 100,
- odolný voči zmene teploty, hustoty, tlaku, zvukových vln a vibráciám,
- odolný voči nečistotám v meranom médiu.

Na rozdiel od ostatných prietokomerov meria súčasne prietok, hustotu a teplotu na báze troch nezávislých princípov merania, čo ho predurčuje na použitie v týchto aplikačných oblastiach:

- meranie prietoku médií,
- kalibrácia prevádzkových prietokomerov,
- kontinuálna analýza kvality a zloženia médií,
- bezpečnostné funkcie prevádzkovania technologických celkov,
- riadenie dávkovacích procesov.

### Meranie prietoku médií

Prevádzkové meranie – prístroj je jedinečný v týchto aplikáciách:

- meranie v malých priestoroch (nevyžaduje nábežné a výstupné dĺžky potrubia),
- meranie znečistených médií s tuhými nečistotami,
- meranie s veľkým rozsahom zmeny prietoku meraného média – odpájanie a pripájanie veľkého množstva spotrebičov; pomer merania pri coriolisovom prietokomere je 1 : 100,
- meranie v potravinárskom a farmaceutickom priemysle – vybrané typy prístrojov nemajú žiadnu prekážku v toku média, ktorá by spôsobila kumuláciu hmoty; prístroj je vymývateľný,
- meranie tuhých a hustých médií – prístroj možno dodať s ohrevom, ktorého činnosť je optimalizovaná na hodnotu teploty média v meradle, meranou samotným prístrojom; meranú teplotu možno použiť aj na reguláciu ohrevu prepravných potrubí meraného média.

Obchodné merania – prístroj má certifikát na používanie vo funkcii obchodného meradla. Jeho dlhodobá stabilita umožňuje garanciu presného merania aj pri dlhom intervale medzi kontrolami meradla. Kvalita prístroja umožňuje jeho nasadenie vo funkcii obchodného meradla na všetky médiá (na lieh aj alkohol).

### Kalibrácia prevádzkových prietokomerov

Typový rad Elite predstavuje z hľadiska presnosti a stability zariadenie vhodné na kalibráciu prevádzkových meradiel prietoku. Túto funkciu plní v Slovenskom metrologickom ústave, kde sa používa vo funkcii prenosného štátneho etalónu. Tento typ prístroja bol použitý na porovnanie etalónov Ameriky a Európy. Samotný prístroj je kalibrovateľný vodou; kalibrácia je platná pre aplikácie merania kvapalín aj plynov.

Prístroj má vynikajúcu opakovateľnosť, čo umožňuje jeho zosúlavenie so zvoleným etalónom a tým zvýšenie presnosti pod 0,1 %.

### Kontinuálna analýza kvality a zloženia médií

Typový rad Elite firmy Emerson má vysokú presnosť v oblasti merania hustoty média. Súčasným meraním hustoty a prietoku sa prístroj úspešne využíva na kontinuálnu analýzu zloženia médií. Ako príklad možno uviesť:

- kontinuálne meranie množstva cudzích zložiek v olejoch a mazacích emulziách,
- kontinuálne meranie výťažnosti vody v plynových sondách.

### Bezpečnostné funkcie

#### prevádzkovania technologických celkov

Zmena parametrov pretekajúceho média sa obvykle odráža v jeho hustote. Na základe hustoty možno ovládať blokačné obvody čerpadiel, dávkovacích a plniacich zariadení. Prístroj fyzicky pozostáva z plnepriepustnej rúry, nie je teda možné jeho fyzické poškodenie meraným médiom (bezpečnostný obvod bude funkčný za každých podmienok).

### Riadenie dávkovacích procesov

Presnosť, pomer merania a rýchlosť reakcie coriolisových prietokomerov firmy Emerson umožňujú ich použitie v oblasti dávkovania médií. Prístroje sa využívajú pri:

- dávkovaní prísad v technologických výrobných procesoch,



Obr.4

- plnení palív, kde v spojení s dávkovacími elektronikami firmy Emerson (divízia Daniel) umožňujú presné dávkovanie na úrovni platobného styku,
- optimalizácii vyťaženia vlakových a automobilových cisterien.

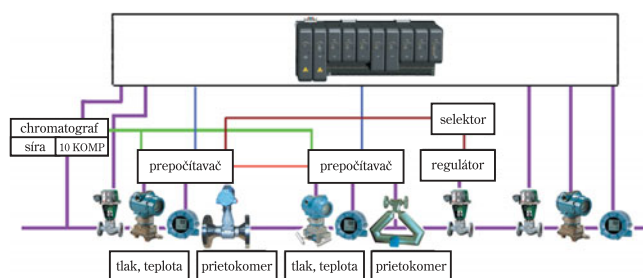
## Prepočítavače prietoku

Neoddeliteľným prvkom merania prietoku médií je prepočítavač. Jeho úlohou je:

- snímanie údajov o teplote, pri plynoch aj o tlaku a ostatných veličín potrebných na prepočet na štandardné podmienky,
- prepočet prietoku na štandardné, všeobecne dohodnuté podmienky,
- komunikácia so zariadeniami analýzy média (chromatograf ap.),
- tlač protokolov,
- komunikácia s riadiacimi systémami.

V prípade prevádzkových meraní tieto funkcie obvykle plní riadiaci systém. Pri požiadavkách na garanciu optimálneho merania, do dávky meracieho celku alebo pri vysokých nákladoch na úpravu softvéru prevádzkovaných riadiacich systémov dochádza k dodávke kompletnej prevádzkovej jednotky obsahujúcej meraciu aj regulačnú časť, riadenú samostatným riadiacim systémom alebo prepočítavačom prietoku média.

Príklad takéhoto technologického bloku s plne zálohovaným meraním je na obr. 5. Riadiaci systém zobrazený v hornej časti obrázku predstavuje jestvujúci blok.



Obr.5

## Automatická detekcia zníženia kvality merania a analýza porúch

Najvýznamnejšiu oblasť úspor v automatizovaných systémoch predstavuje:

- zvýšenie presnosti a stability merania,
- zamedzenie strát spôsobených odstavením výroby pre poruchy prístrojov,
- optimalizácia rýchlosti a kvality servisných zásahov na prevádzkovaných zariadeniach,
- zníženie skladových zásob servisných zariadení.

Predpokladom optimalizácie prevádzkovania jednotlivých zariadení je kontinuálne monitorovanie ich vnútorného stavu. Monitorovaním vnútorného stavu zariadení dokážeme detegovať zníženie presnosti merania a regulácie, a teda zvýšenie strát spôsobených zhoršením kvality regulácie technologického procesu. Dokážeme tiež predvídať vznik poruchy prístroja a naplánovať jeho údržbu pred vznikom poruchy spojené s neplánovaným odstavením výroby. Dokážeme optimalizovať nákup prvkov potrebných na opravu a tým minimalizovať stav skladových zásob. Prediktívna údržba umožňuje optimalizáciu využívania servisných pracovníkov a zamedzuje vykonávaniu finančne a technicky náročných pravidelných a vo veľkej miere zbytočných preventívnych kontrol prístrojov a technologických zariadení.

Monitorovanie vnútorného stavu zariadení nie je kontrolou limitných stavov meranej veličiny poskytovanou prístrojom vo forme signálu 4 – 20 mA. Monitorovaním vnútorného stavu sa rozumie kontinuálne vyhodnocovanie údajov poskytovaných mikroproce-

sorom a inteligentnými meracími prístrojmi (snímačmi tlaku, teploty, prietoku), ktoré vysielajú desiatky údajov o svojom vnútornom stave.

Príkladom kontinuálneho monitorovacieho systému zariadení na meranie a reguláciu je softvér AMS firmy Emerson. Jeho aplikácia je možná aj pri využívaní prístrojov a riadiacich systémov iných výrobcov.

## Záver

So zvyšujúcimi sa nárokmi na kvalitu merania prietoku sa vzdialenosť medzi prevádzkovými a obchodnými meradlami neustále znižuje. Mnohé z meradiel používané vo funkcii prevádzkových meradiel predstavujú najvyšší štandard obchodných meradiel a ich využívanie na poste prevádzkových prístrojov vyplynulo z jedinečných vlastností z hľadiska odolnosti, stability, spoľahlivosti a rýchlosti reakcie na zmeny parametrov merania. Aplikáciou najnovších technológií predstavovaných inteligentnými prístrojmi, rýchlou komunikáciou údajov, využívaním zbernic Fieldbus, monitorovacích systémov typu AMS dôjde pravdepodobne k prekrytiu kategórií prevádzkových a obchodných meraní.



**Emerson Process Management, s. r. o.**

Hanulova 5/b, 841 01 Bratislava

Tel.: 02/64 28 78 11

Fax: 02/64 28 72 45

<http://www.emersonprocess.com>

10