

# Emerson Process Management

## Možnosti automatickej diagnostiky systémových meracích členov tlaku s komunikačným rozhraním pre prevádzkovú zbernicu FOUNDATION™ – Fieldbus pri použití v rafinériách (2)

Ron Szanyi, Mike Raterman, Evren Eryurek, Attila Csölle

### Metódy diagnostiky systémových meracích členov tlaku s rozhraním pre prevádzkovú zbernicu FOUNDATION Fieldbus

#### Detekcia upchatých impulzných potrubí

Metóda detekcie upchatého impulzného potrubia (potrubí) vychádza z modernej metódy rozpoznávania obrazcov (patentovanej firmou Rosemount). Táto metóda využíva zabudovanú inteligenciu a zohľadňuje prevádzkové podmienky meracích členov tlaku a tlakového rozdielu, ktoré sa vo veľkom rozsahu používajú v oblasti spojitých technologických procesov.

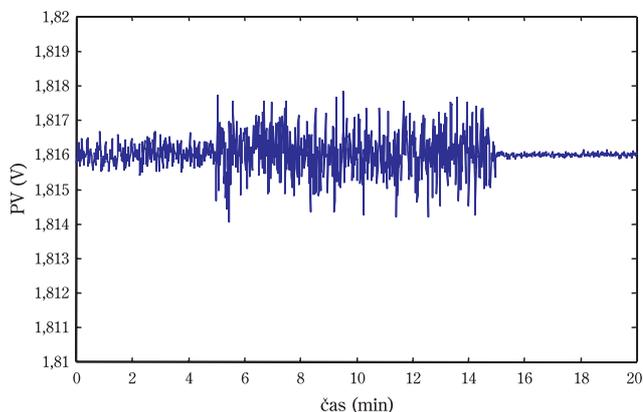
Na rozpoznávanie vzorov sa využíva algoritmus, ktorý je zabudovaný v meracích členoch tlaku, používa v podstate aktualizované hodnoty meranej veličiny (tlak, tlakový rozdiel), pričom frekvencia aktualizácie či vzorkovania závisí najmä od výrobcu snímača. O čo kratšia je doba odozvy, o to viac informácií možno získať o „procesnom šume“. Toto je veľmi dôležité najmä pri aplikáciách s meraním tlakového rozdielu, predovšetkým pri rozlišovaní toho, či ide o upchatie jedného alebo oboch ramien impulzného potrubia.

Vo všeobecnosti signál meranej veličiny (tlak, tlakový rozdiel) obsahuje rýchle zmeny nasuperponované na strednej hodnote procesného tlaku, resp. tlakového rozdielu, ktoré sa nazývajú „procesný šum“ alebo „signatúra“ (príznak). Tieto zmeny sú vyvolané prúdiacim médium a sú funkciou geometrických a fyzikálnych vlastností systému. Časové priebehy týchto príznakov (napr. rozptyl a korelácia) sa nemenia, ak je výsledné správanie systému stabilné (napr. ustálený proces). A navyše, tieto príznaky výrazne neovplyvňujú ani malé zmeny strednej hodnoty meranej veličiny. To poskytuje možnosť identifikácie a separácie vplyvu upchatia potrubia, čo je súčasťou základnej metódy rozpoznávania vzorov, vyvinutej na riešenie problému upchatia impulzného potrubia.

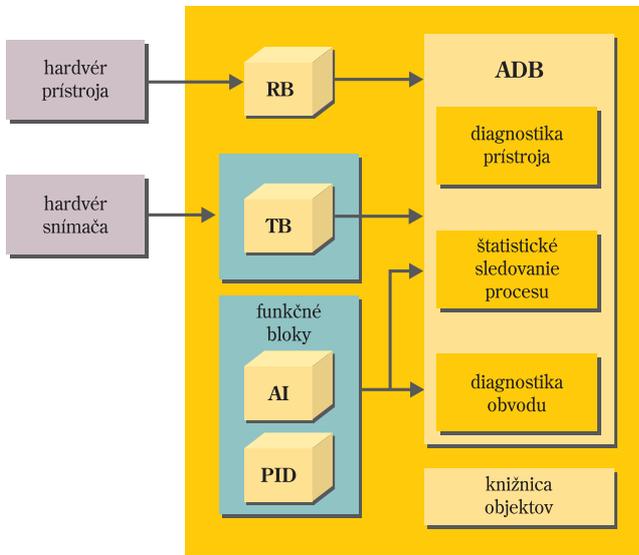
Keď sa potrubie medzi procesom a snímačom začína zanášať vplyvom usadzovania nečistôt na vnútornom povrchu impulzného po-

trubia, alebo ak voľné častice z hlavného prúdu začínajú prerušovať impulzné potrubia, začínajú sa v porovnaní so štandardným stavom meniť v časovej a frekvenčnej oblasti aj príznaky šumového signálu. Usadzovanie znižuje alebo zvyšuje vplyv tlmenia na šum tlakového signálu z merania hlavného prietoku. Pri zanášaní impulzných potrubí sa mení úroveň šumu v nameranom signále. Na obr. 2 sú znázornené priebehy šumových signálov na výstupe snímačov počas normálnych prevádzkových podmienok a pri jednostrannom resp. obojstrannom upchatí impulzného potrubia.

Systémové meracie členy tlaku Rosemount 3051 s komunikačným rozhraním pre prevádzkovú zbernicový systém FOUNDATION Fieldbus majú implementovanú túto metódu diagnostiky ako časť svojho funkčného bloku modernej diagnostiky ADB (advanced diagnostics block). Blokovaná schéma tohto funkčného bloku ADB s rôznymi prídavnými funkčnými blokmi, ako napr. blok snímača TB (transducer block), zdrojový blok RB (resource block) atď., je na obr. 3.



Obr.2 Výstup zo snímača tlaku pri štandardných podmienkach a pri upchatom impulznom potrubí (potrubíach)



**Obr.3 Blok diagnostiky ADB (advanced diagnostics block) systémového meracieho člena tlaku Rosemount 3051 s rozhraním pre prevádzkovú zbernicu Foundation Fieldbus**

Detaily úspešného použitia metódy detekcie upchatého impulzného potrubia možno zhrnúť do dvoch vhodne nakonfigurovaných samostatných častí s možnosťou jednoduchého výberu niekoľkých parametrov.

Prvou je fáza učenia. Funkcia (algoritmus) najprv sleduje prevádzkové prostredie, napr. úroveň procesného šumu a teplotné podmienky. Tieto podmienky sa môžu výrazne líšiť pri aplikácii na jednotke FCC v rafinérii, oproti podmienkam jednoduchého merania výšky hladiny v kotle.

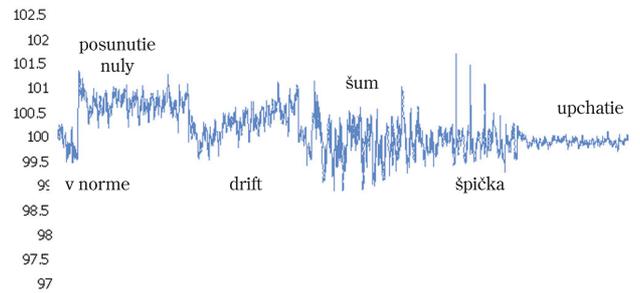
V závere tejto fázy si algoritmus vytvorí základný príznak pre merací člen tlaku tak, ako sa používa v danom procese. Vytvorí si rôzne parametre, ktoré reprezentujú správanie sa procesu a uloží si ich do svojej pamäte pre použitie počas fázy sledovania (monitorovania). Fáza učenia má tiež fázu overovania (verifikácie), takže je definovaná opakovateľnosť správanie procesu.

Druhou je fáza sledovania, počas ktorej funkcia periodicky sleduje proces a vyhľadáva zmeny príznaku procesu. Ak sa zistí a overí zmena podmienok procesu, merací člen tlaku nastaví svoj alarmový bit, aby tak informoval operátora a/alebo personál údržby, že upchatie môže zapríčiniť väčšiu poruchu procesu.

## Štatistické monitorovanie procesu

Druhou diagnostickou funkciou systémových meracích členov tlaku 3051 je všeobecný nástroj na detekciu neštandardných stavov procesov s názvom „Štatistické monitorovanie procesu SPM (statistical process monitoring)“. Keď sú k dispozícii potrebné skúsenosti, možné podmienky a báza pravidiel, existuje veľa neštandardných stavov procesu, ktoré možno analyzovať a správne diagnostikovať buď z pohľadu experta, alebo prostredníctvom expertného systému.

Detekcia chýb je tradične súčasťou riadiaceho systému, pričom analýza sa robí použitím údajov, získaných prostredníctvom funkcie História procesu. Existujú rôzne dôvody pre výber tejto implementácie; najdôležitejším je, ak prevádzkový prístroj nemôže realizovať úlohy, požadované metódami detekcie chýb. Je to najmä kvôli obmedzenej kapacite firmvéru pri starších prístrojoch. Avšak pomocou modernej polovodičovej techniky a s využitím digitálnej prevádzkovej zbernice sú moderné inteligentné meracie prevodníky schopné popri tradičnom získavaní informácií o meranej procesnej veličine zabezpečiť viac údajov, týkajúcich sa technologického procesu a jeho podmienok.



**Obr.4 Neštandardné stavy procesu možno kategorizovať do piatich samostatných tried: drift, posunutie, šum, špičky a blokovanie**

Neštandardné (abnormálne) stavy procesu možno zaradiť do piatich kategórií, ktoré sú spoločné všetkým typom snímačov a procesov: tlak, teplota, prietok, výška hladiny a iné.

Použitím moderných metód rozpoznávania vzorom a štatistickej analýzy systémových meracích členov a inteligentných priemyselných armatúr je teraz pre každý proces možné detegovať správanie, resp. stav ako: drift, posunutie, šum, špičky alebo blokovanie.

- Drift: postupná zmena výstupu snímača/procesu;
- Posunutie (bias): zmena úrovne výstupu snímača/procesu.
- Šum: zväčšenie dynamickej zmeny výstupu snímača/procesu.
- Špička: okamžitá, veľmi veľká alebo malá hodnota výstupu snímača/procesu.
- Blokovanie: zmenšenie dynamickej zmeny výstupu snímača/procesu.

Tieto neštandardné stavy v porovnaní s normálnym (štandardným) správaním sú ilustrované na obr. 4.

Prístup a základné vlastnosti vyvinutej metódy lokálnej detekcie neštandardných stavov, ktorú možno aplikovať na veľké množstvo výrobných procesov:

- nepredpokladá redundancie v meracom systéme;
- nie je potrebný matematický model procesu;
- nevyžaduje sa matematický model snímača.

## Výsledky prevádzkových testov

Prevádzkové experimenty sa sústredili na nasledujúce tri témy:

1. Nespoľahlivosť signálu z dôvodu upchatia tlakového ventilu katalyzátorom, ktorý redukuje výstupný prierez.
2. Upchatie škrtiacej clony alebo filtra, následná redukcia prietoku čistiaceho média a zníženie citlivosti merania (môže viesť k 1. problému).
3. Problémy s cirkuláciou, zapríčinené vznikom podmienok pre prerušovaný prietok katalyzátora v jednotke FCC.

### 1. podmienka testu: detekcia upchatého impulzného potrubia

Testovanie jednotky bolo rozdelené na dva dni. Prvý deň sa testoval scenár s upchatým tlakovým ventilom a s redukciami prietoku čistiaceho média (problémy č. 1 a 2 v uvedenom zozname). Na druhý deň bol testovaný problém s obmedzovaním cirkulácie katalyzátora. Pred začiatkom testu bol každý prístroj kalibrovaný, aby bolo možné vytvoriť nové východiskové hodnoty pre diagnostickú analýzu a boli inicializované obidve funkcie meracích členov, t. j. diagnostika upchatia potrubia a štatistické monitorovanie procesu (SPM).

Na účely testovania funkcie diagnostiky zablokovania zabudovaného impulzného potrubia systémového meracieho člena tlaku (s komunikačným rozhraním pre prevádzkovú zbernicu FOUNDATION Fieldbus) boli na simuláciu zablokovania použité hlavné ventily inštalácie.

Systémový merací člen tlaku 3051 F úspešne detegoval každý scenár testu.

**2. podmienka testu:**

**detekcia redukcie prietoku čistiaceho média**

Stav redukcie, resp. zastavenia prietoku čistiaceho média bol testovaný zavretím napájacieho ventilu (predpokladalo sa, že vhodné údaje na zistenie zablokovania prietoku zabezpečí buď zabudovaná funkcia detekcie upchatia impulzného potrubia, alebo funkcia štatistického sledovania procesu SPM systémového meracieho člena tlaku. Z výsledku testov vyplynulo, že zastavenie prietoku by úspešne indikovali obidve diagnostické funkcie.

**3. podmienka testu:**

**problémy s cirkuláciou v rámci jednotky FCC**

Interná diagnostická metóda meracieho systémového člena tlaku 3051 F firmy Rosemount s názvom "Štatistické monitorovanie procesu" SPM (statistical process monitoring) priebežne s vysokou frekvenciou vzorkuje signál meranej procesnej veličiny zo snímača a s týmito hodnotami uskutočňuje prídavné výpočty. Merací prevodník počíta strednú hodnotu signálu a jej zmeny v čase. Ďalej počíta štandardnú odchýlku signálu šumu od procesného signálu. Výpočet štandardnej odchýlky nám má umožniť detegovať zmenu v charaktere „bieleho šumu“ oveľa skôr, ako nastanú podmienky pre „prerušované prúdenie“. To umožňuje operátorovi realizovať korekčné opatrenia ešte pred vznikom problémov s cirkuláciou.

Na obr. 5 sú zobrazené údaje nazbierané prostredníctvom funkcie História, ako aj prostredníctvom funkcie ADB prístroja 3051 F za obdobie dvoch týždňov, v priebehu ktorých sa objavila porucha s prietokom katalyzátora. Obr. 6 znázorňuje údaje zozbierané prístrojom 3051 F, keď bola porucha počas prevádzky detegovaná 30 minút vopred. Na začiatku obdobia testovania sa očakávalo, že tento typ údajov zo systémového meracieho člena tlaku 3051 F by mohol indikovať takéto poruchy procesu dopredu, takže potom by bolo možné vykonať potrebné merania na zabránenie odstávky procesu. Nasledujúce etapy výskumného programu budú integrovať tento typ údajov s pracovnými postupmi v záujme zvýšenia

schopnosti operátora reagovať na nebezpečenstvo poruchy v prúde katalyzátora.

**Záver**

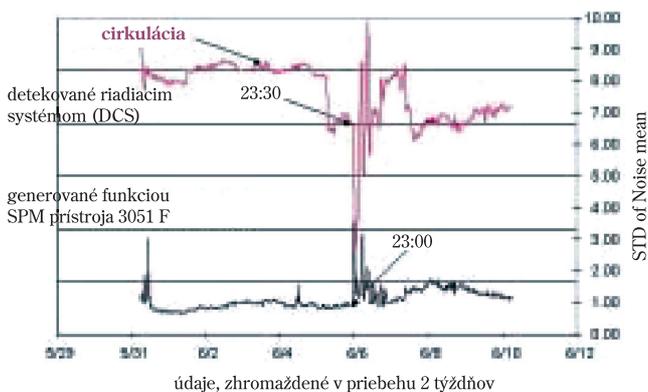
Úspechy dosiahnuté v rámci spolupráce firiem ExxonMobil (oddelenie pre výskum a inžinierske činnosti) a Emerson Process Management pri aplikácii komerčne dostupných prístrojov a metód sa ukázali ako veľmi cenné tak pre obidve firmy, ako aj pre celý petrochemický a plynárenský priemysel.

ExxonMobil testoval rôzne moderné diagnostické funkcie systémových meracích členov tlaku Rosemount 3051 s komunikačným rozhraním pre prevádzkový zbernicový systém FOUNDATION Fieldbus spolu s číslicovým riadiacim systémom DeltaV a softvérom na prediktívnu údržbu AMS na prevádzkovej jednotke FCC. Počas jej prevádzky boli realizované rôzne testy schopnosti meracích členov tlaku 3051 detegovať upchatie impulzného potrubia. Tento prístroj úspešne detegoval neštandardné podmienky v každom testovanom prípade.

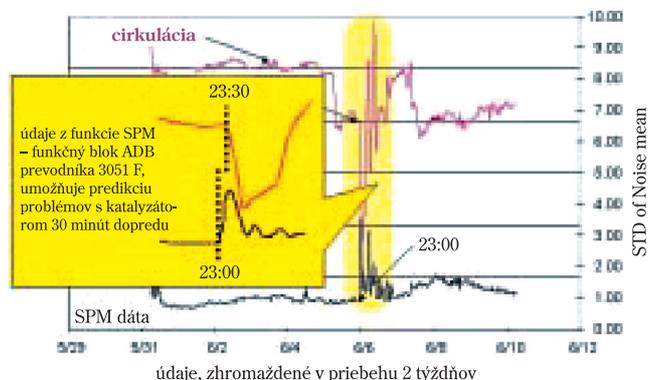
ExxonMobil chcel zistiť, ako môžeme využiť prednosti metódy rozpoznávania vzorov s názvom Štatistické monitorovanie procesu, SPM, integrovanej v prístroji 3051, počas prevádzky jednotky FCC. Mali sme dva varianty testov, pri ktorých sme predpokladali užitočnosť tejto metódy:

- (1) Detekcia redukcie, resp. zastavenia prúdenia čistiaceho média.
- (2) Problémy s cirkuláciou katalyzátora zapríčinené vznikom podmienky pre prerušované prúdenie katalyzátora.

Údaje nazhromaždené prostredníctvom funkcie ADB (blok modernej diagnostiky) prístroja 3051 F preukázali, že problém s cirkuláciou katalyzátora možno v niektorých prípadoch detegovať až 30 minút vopred. To môže byť veľmi užitočné pri predchádzaní možným poruchám procesu, ak sú tieto diagnostické údaje vhodné integrované do činnosti obsluhy.



Obr.5 Údaje z funkcie História a údaje z funkcie SPM, zhromaždené 3051 F počas poruchy cirkulácie katalyzátora



Obr.6 Diagnostické údaje prístroja 3051 F, ktoré detegujú poruchu cirkulácie katalyzátora 30 minút vopred

**Ron Szanyi**  
**Mike Raterman**  
ExxonMobil

**Evren Eryurek**  
**Attila Csölle**  
Emerson Process Management



**Emerson Process Management**

**Attila Csölle**  
Hanulova 5/b  
841 01 Bratislava  
Tel.: 02/64 28 78 11  
Fax: 02/64 28 72 45  
e-mail: attila.csolle@EmersonProcess.sk  
<http://www.emersonprocess.com>