

# Skutočný cieľ riadenia systémov

## Ako premeniť monitorovanie výkonu riadenia na zlepšenie výkonu celej prevádzky

### V skratke:

- Skutočným zámerom riadenia procesov je maximalizovať zisk podniku.
- Technici môžu pri sledovaní a meraní systému využívať rôzne metriky, ako napr. integráciu metód na detekciu chýb.
- Sústrediť sa na zlepšovanie – identifikovať, kvantifikovať a prioritizovať problémy.

Aký je vlastne cieľ riadenia systémov v mojej prevádzke? To je otázka, ktorú si mnohí až tak často nekladú. Odpoveď sa môže na prvý pohľad javiť veľmi jasne a ani nestojí za námahu nad tým rozmýšľať. Moderné výrobné závody sú jednoducho príliš veľké, zložité a nebezpečné, aby ich bolo možné prevádzkovať bez riadenia jednotlivých procesov. Bez riadenia procesov sa nebudú produkty vyrábať a podnik nebude mať zisk. Avšak takáto odpoveď poukazuje na riadiace systémy a na to, čo by sa stalo, keby ich nebolo, a nastavuje latku hodnotenia ich skutočného výkonu veľmi nízko. Je podstatne užitočnejšie a konštruktívnejšie hodnotiť riadiace systémy podľa toho, akým sú prínosom pre prevádzku podniku. Prevádzkoví technici by odpovedali na uvedenú otázku takto:

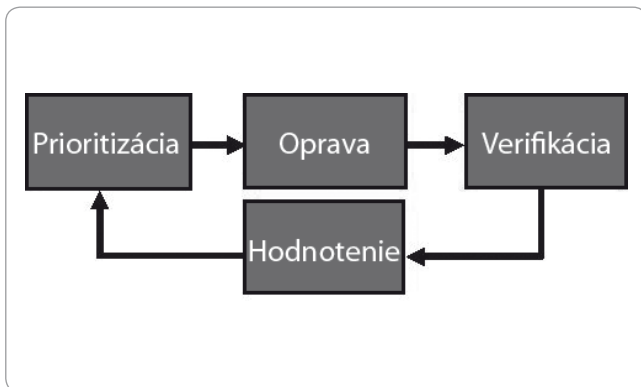
Riadiace systémy technologických procesov:

- udržiavajú stabilitu pri požadovaných podmienkach,
- obnovujú stav prevádzky pri jej prerušení v dôsledku porúch,
- podľa zmien žiadanej hodnoty posúvajú procesy do nových prevádzkových stavov.

Na to, aby technici riadenia dokázali zmerať tieto prínosy, využívajú rôzne metriky, napr. integráciu metód na detegovanie chýb, vyradenie záťaže či odolnosť riadiaceho systému. Napriek tomu je užitočnejšie a zmysluplnejšie odpovedať na otázku z úvodu z hľadiska ekonomiky. Skutočným zmyslom prevádzkových riadiacich systémov a riadenia technologických procesov je maximalizovať zisk podniku vďaka dosiahnutiu maximálneho zisku z kombinácie prevádzkových zariadení a materiálových a energetických vstupov. Riadiaci systém je tak nástroj na maximalizáciu výroby a generovanie zisku pri súčasnej minimalizácii spotreby energií a nákladov na údržbu na jeden výrobok. Jeho výkon môže a mal by byť meraný vzhľadom na jeho príspevok k nárastu objemu výroby, generovanie vyššieho zisku, úspory energií, nákladov na údržbu a dlhší bezporuchový čas prevádzky zariadení. Riadiaci systém so slabým výkonom, ktorý nedokáže optimálne prevádzkovať technológiu, jednoducho nerobí to, na čo je určený.

## Cesta k zisku

Nestačí len vedieť, že výkon riadiaceho systému môže byť lepší. Ak sa chcete efektívne zamerať na zlepšovanie, musíte identifikovať, kvantifikovať a prioritizovať problémy. Potom by ste mali byť schopní odsledovať a zhodnotiť prínosy všetkých činností zameraných



Obr. 1.

na nápravu týchto problémov. Sledovanie a potvrdzovanie umožňuje sústrediť sa na iné problémy. Avšak oveľa dôležitejšie je, že je to nevyhnutný dôkaz udržania nadšenia a zabezpečenia podpory vedenia podniku vrátane podpory vo forme rozpočtových financií.

Prispôsobiteľný a vhodný programový balík na monitorovanie výkonu riadiacich slučiek je v tomto procese najlepším pomocníkom. Tento softvér je umiestnený na serveri, ktorý je spolu s prevádzkovým riadiacim systémom pripojený do jednej dátovej siete. Server zbiera údaje z procesov a regulátora v reálnom čase a vytvára historizáciu metrik sledujúcich výkon riadenia. Plne funkčný programový balík dokáže vytvárať diagnostiku a odporúčania a poskytuje integrované nástroje na nastavovanie regulačných slučiek a analýzu ventilov.

## Začať od začiatku

Prvou požiadavkou týkajúcou sa riadiaceho systému je reportovanie jeho výkonu. Prvou výkonnou metriku, ktorá by do reportovania mohla spadať, je servisný koeficient riadiacej slučky. Pre regulátor nachádzajúci sa v stave „v prevádzke“ musí platiť:

- komunikačná sieť medzi procesom a riadiacou funkciou musí byť v dobrom prevádzkovom stave; systém nesmie označovať prijímané údaje ako „zlé“;
- žiadané hodnoty veličín musia byť v rámci kalibrovaného rozsahu;
- výstup z regulátora, či už pre akčný člen alebo pre ďalšiu riadiacu funkciu, nemôže byť na svojej prevádzkovej hranici;
- regulátor by mal byť v riaditeľnom, automatickom stave.

V procese zlepšovania výkonu by mali byť ako prvé riešené práve tieto základné úlohy:

- chyba komunikácie v sieti môže poukazovať na pokazený a/alebo chýbajúci prevádzkový prístroj;
- merania mimo rozsahu môžu poukazovať na prevádzkový prístroj, ktorý potrebuje znovu nakalibrovat';
- výstupy na hranici alebo blízko pri nej môžu poukazovať na nesprávne nadimenzované ventily;
- regulátory môžu skončiť v manuálnom režime z viacerých dôvodov vrátane pokazených akčných členov, zle vyladených regulátorov a nesprávne navrhutej stratégie riadenia; dôležité je zistiť, prečo slučky zostávajú v manuálnom režime.

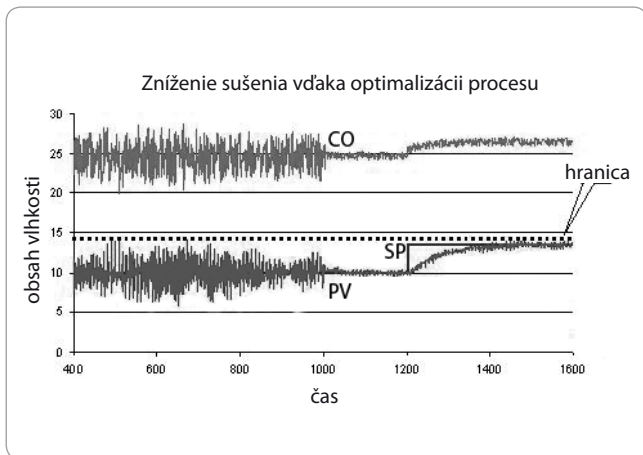
Všetky tieto problémy sú v skutočnosti skrytými príležitosťami: cestou k lepšiemu výkonu riadiaceho systému a vyššej ziskovosti podniku.

## Nestabilita je nepriateľ

Produkty musia spĺňať kvalitatívne ukazovatele a výroba kvantitatívne ciele. Nesmú sa prekročiť žiadne zákonom stanovené kvóty pre emisie škodlivých plynov. Tiež treba zohľadniť prevádzkové limity daného zariadenia. Najvyššia energetická účinnosť a zisk sa dosiahnu vtedy, keď podnik pri svojej prevádzke spĺňa viac ako jedno z týchto obmedzení. Každý iný ako optimálny výkon podniku je zlý.

Kolínsanie (odchýlka) je hlavným nepriateľom optimalizácie prevádzkových podmienok. Či už sa objavuje vo forme náhodného šumu, stálych cyklov alebo slabého odrušenia záťaží, dôsledky sú rovnaké. Aby sme zabránili prekročeniu prevádzkových obmedzení, musia sa žiadané hodnoty presunúť na bezpečnú stranu od prevádzkového optima. Tento rozdiel je drahocenný. Aby sa dosiahli najlepšie ekonomické výsledky, tento presun by mohol byť v niektorých prípadoch minimálny.

Keď sa riadenie zlepší a odchýlka sa zníži, môže sa žiadaná hodnota presunúť bližšie k hranici bez porušenia vlastností vyrábaného produktu. Úspory energií môžu byť výnimočné. Napríklad pri procese sušenia možno k významným ročným úsporám pripočítat' aj úspory vo výške 120 USD/hod., týkajúcich sa výroby pary.



**Obr. 2.:** Bodkovaná čiara označuje maximálne prípustný obsah vlhkosti. Aby sa zabránilo prekročeniu tejto hranice, žiadané hodnoty musia byť pod touto hranicou, takže zvyčajná premenlivosť obsahu vlhkosti neprekročí stanovenú hranicu. V priemere je produkt presušený. Vyššia spotreba energií a nižšia pevnosť sú cenou za chabé riadenie.

120 USD/hod. x 24 hod./deň x 350 dní/rok = 1 008 000 USD/rok

Táto koncepcia je rovnako aplikovateľná aj na dávkové procesy, ktoré sa často hýbu z jedných prevádzkových podmienok do iných. Prechod môže byť taký rýchly, ako si to len kvalita výrobkov vyžaduje, a to pri dodržaní maximálnej kvantity výroby. Merané premenné by mohli opakovane sledovať optimálnu trajektóriu pre maximalizáciu energetickej efektívnosti, zisku a životnosti zariadení.

### Nájdenie skutočného problému

Zoznam povšimnutiahodných indikátorov a príznakov slabého výkonu riadenia je dlhý a pestrý. Vedúce postavenie medzi nimi majú premenlivosť a chyby, ako napr. štandardné odchýlky,

kolísanie, priemerná, absolútna a komplexná chyba, prekročenie žiadanej hodnoty a pod. Avšak programový balík na monitorovanie výkonu riadiacich slučiek dokáže kvantifikovať výkon riadiaceho systému aj citlivejším spôsobom.

Medzi takéto metriky patria:

- *Zmeny výstupu regulátora v manuálnom móde:* Veľké hodnoty indikujú, že používateľ nemôže dôverovať riadiacemu systému pracujúcemu v automatickom režime. Zmeny stavov: Podobne aj veľký počet prechodov odhaľujú regulátory, ktoré nevedia vyriešiť narušenie rovnováhy a/alebo zmeny žiadanej hodnoty. V oboch prípadoch sa vyžaduje vyladenie a/alebo zmena stratégie riadenia.
- *Nameranie oscilácií:* Monitorovanie výkonu riadiacich slučiek môže využívať Fourierovu analýzu na lokalizáciu trvalo prítomných, periodicky sa opakujúcich prvkov v signáli prevádzkových veličín. Zohľadnením ďalších informácií, ako napr. aktuálne vyladených konštánt, dokáže programový balík diagnostikovať základnú príčinu cyklu.
- *Určenie počtu zmien smeru pohybu ventilu a dĺžky dráhy pri otváraní, zatváraní ventilu:* Vysoké a nízke hodnoty indikujú, ktoré akčné členy potrebujú údržbu a ktoré nie. Tak možno skrátiť opravy a predchádzať neplánovaným odstávkam.
- *Parametre modelu procesu:* Pozorovaním reakcie procesu pri štandardných zásahoch operátora dokáže monitorovanie výkonu riadiacich slučiek určiť parametre modelu z hľadiska dopravného oneskorenia, derivačného času, zosilnenia v ustálenom stave. To môže ukazovať na potrebu znovu naladenia, adaptívneho ladenia a/alebo nelineárneho opisu.

Všetky tieto informácie môžu mať veľkú dôležitosť pri diagnostikovaní základnej príčiny slabého výkonu riadenia. Potvrdenie príčiny môže vzísť z priamej analýzy historizačných údajov podozrivej slučky riadenia.

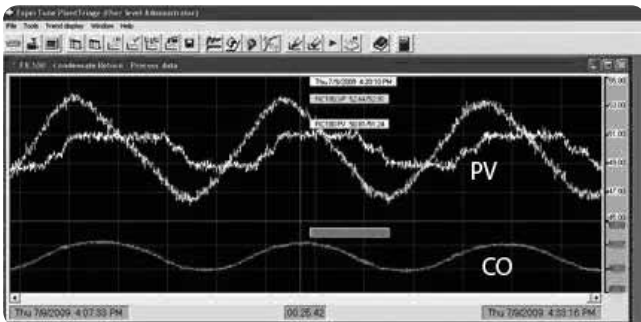
*V nasledujúcej časti sú uvedené niektoré základné problémy, s ktorými sa môžu používatelia stretnúť:*

- *Vyriešenie problému oscilácie:* Trvalá oscilácia v automatickom režime je najhorším príkladom zlého riadenia. Ak sa objaví, môže



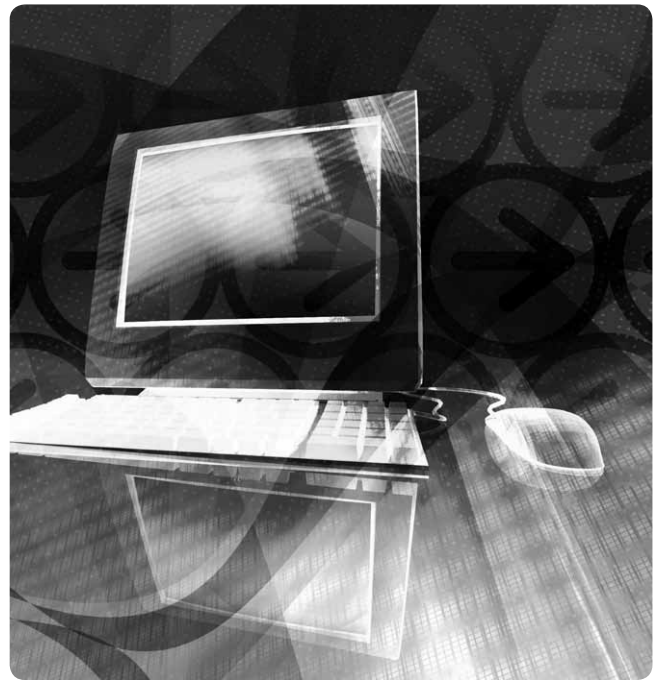
existovať nespočetne veľa dôvodov vrátane pokazeného akčného člena, nepresne vyladených regulátorov, premenlivosti zosilnení slučky, ovplyvňovania sa slučiek či nesprávneho návrhu stratégie riadenia. Narastajúce oscilácie sú pre normálnu prevádzku neprípustné a nikdy nemožno tolerovať regulátory nalažené s príliš veľkým zosilnením spôsobujúcim nárast oscilácií. Používatelia ich musia ihneď opraviť (alebo dať trvale do manuálneho režimu). Oveľa častejším problémom sú premenlivé oscilácie, ktoré sa objavujú a zanikajú súčasne so zmenami rýchlosti alebo pracovného bodu. Je to často jasný dôkaz toho, že niektoré iné zosilnenia v slučke sa menia. Medzi dve možné príčiny patria:

- premenlivé zosilnenie ventilu: vzťah medzi polohou ventilu a prietokom je často nelineárny, takže zosilnenie ventilu sa mení spolu s pracovným bodom; riešením môže byť nelineárny kompenzátor;
  - premenlivé zosilnenie procesu: zosilnenie procesu často kolíše spolu s prechodom a/alebo inými prevádzkovými stavmi; takými príkladmi sú slučky riadenia pH či riadenie výšky hladiny v netradične tvarovaných nádržiach; riešením je v tomto prípade programové alebo adaptívne vyladenie.
- **Vyriešenie problémov ventilu:** Oscilácie s konštantnou amplitúdou sú často následkom fyzického stavu koncového akčného člena. Na obr. 3 je zobrazený priebeh regulačnej slučky v oscilácii. Biela krivka je procesná veličina (PV), zelená je výstup z regulátora (CO). Perióda sa ani nezvyšuje, ani neznižuje. Pokus odstrániť osciláciu znovuvyladením regulátora nebude úspešný. Kľúčom je skreslený tvar krivky PV v porovnaní so sinusovou krivkou výstupu z regulátora. Plochá časť na vrchu a na spodku krivky označuje periódy, kedy sa PV nemení, aj keď signál posielaný do ventilu sa mení. To je jasný príklad hysterzy a/alebo zalepenia mechanizmu vo ventile. Častým riešením je fyzická údržba akčného člena. Zalepenie možno v niektorých prípadoch prekonať aj pridaním malého derivačného zásahu do regulátora prietoku.



Obr. 3.

- **Vyrovnanie sa s obmedzeniami:** Regulátory často pracujú na hranici obmedzení. Ak sú tieto stavy dočasné alebo cyklické, riadiaca slučka bude v opozícii týchto obmedzení a pridá na nestabilitu procesu. Ak tie podmienky pretrvávajú, predstavujú trvalé obmedzenia procesu a stratu riadenia týchto premenných. V takomto prípade je často riešením správne nadimenzovanie ventilov alebo konfigurácia regulátora. Uvedený proces môže obsahovať integráciu s inými funkciami riadenia s využitím prepínača a/alebo logických schém na programovateľný prechod z automatického do manuálneho režimu a naopak.
- **Rozuzlenie vzájomných interakcií procesov:** Typické prevádzkové zariadenie má bežne niekoľko regulačných slučiek. Veľmi zriedkavo sa vyskytujú slučky, ktorých procesné premenné nie sú ovplyvňované ničím iným, ako výstupom z tejto regulačnej slučky. Podobne aj výstup z regulátora zvyčajne ovplyvňuje viaceré prevádzkové zariadenia. V takomto prostredí sa oscilácie nachádzajúce sa v jednej slučke objavujú aj v iných slučkách práve pre jednu alebo viaceré vzájomné interakcie. Podobne ak sa vyskytujú poruchy v neriadených premenných, tiež sa objavujú ako zmeny v ktorejkoľvek procesnej veličine, na ktorú nejakým spôsobom vplyvajú. Toto všetko sú zdroje mnohých nevysvetlených oscilácií. Softvér na monitorovanie výkonu riadiacich slučiek môže pomôcť pri identifikácii slučiek oscilujúcich na podobných frekvenciách. Takto možno identifikovať slučku, ktorá by mohla byť zdrojom problému.



Ďalším nástrojom na monitorovanie výkonu riadiacich slučiek, riešiacim problém vzájomných interakcií je mapa interakcií procesov. Tento nástroj poskytuje prehľad o miere interakcií a relatívnom časovom posune interakcií. Umožňuje presne označiť podstatu problému a v diagrame ju označiť výraznou farbou. Keď sú interakcie zmapované, riešením je modifikácia systému riadenia, či už nasadením doprednej regulácie alebo autonómneho riadenia.

Bez ohľadu na konkrétnu úlohu nie je technológia riadenia systémov tým hlavným problémom. Najväčšou prekážkou zlepšovania výkonu riadiacich systémov je ľudská prirodzenosť. Problémy s výkonom riadiacich systémov môžu existovať dlhé roky bez toho, aby sa im niekto venoval. Používatelia v konečnom dôsledku označujú tieto problémy za normálne a je to len ľudská prirodzenosť, že radšej tento stav akceptuje, ako by mal niekto podstupovať nejasné riziko spojené so zavedením zmien. Avšak pri dostatočnom odhodlaní a húževnatosti môže byť odmena výrazná. Príležitosti zlepšenia výkonu riadiacich systémov sa nachádzajú takmer v každej prevádzke. Platí však pravidlo, že výborné ekonomické výsledky sa nedajú dosiahnuť s relatívne malými nákladmi a krátkym časom, ktoré danému problému venujeme.

## O autoroch

George Buckbee, P. E., je viceprezidentom pre vývoj produktov v spoločnosti ExperTune Inc. a je zastihnutelný a jeho e-mailový kontakt je [george.buckbee@expertune.com](mailto:george.buckbee@expertune.com). Lew Gordon je hlavný aplikačný inžinier v spoločnosti Invensys. Jeho e-mail je [lew.gordon@ips.invensys.com](mailto:lew.gordon@ips.invensys.com).

Prvýkrát bol článok uverejnený v časopise *InTech*, september, 2009. Publikované so súhlasom ISA.

Translated and reprinted with permission of ISA. Copyright 2009. All rights reserved.



George Buckbee, P. E.  
ExperTune, Inc.  
Lew Gordon  
Invensys