



Riadiace systémy – investícia a návratnosť vrátane príkladov z praxe (3)

V prvej časti seriálu sme sa zaoberali tým, čo je vlastne cieľom riadiacich systémov. Okrem toho sme uviedli prípadové štúdie, na ktorých bolo ukázané, ako dokážu riadiace systémy priniesť zlepšenie účinnosti a efektivity a znížiť investičné náklady na zariadenia. V druhej časti seriálu sme sa venovali ďalším spôsobom, vďaka ktorým dokážu riadiace systémy priniesť podniku ďalšie ekonomické výhody. Opäť sme uviedli aj prípadové štúdie, kde vylepšenie riadiacich systémov prinieslo zvýšenie výroby a pomohlo splniť nariadenia regulačných orgánov. V tretej časti opíšeme ďalšie príklady z praxe.

Ciele

Cieľom riadiaceho systému je regulovať premenné veličiny procesov takým spôsobom, aby konkrétne zariadenie, technológia alebo celá prevádzka boli čo najbezpečnejšie a pracovali s najvyššou možnou produktivitou a ziskovosťou v súlade s existujúcimi potrebami trhu, dostupnými vstupnými produktmi a obmedzeniami jednotlivých zariadení – a to všetko automaticky, s minimálnym zásahom človeka. V akomkoľvek technologickom procese existujú dve základné prekážky, ktoré bránia dosiahnutiu týchto cieľov – nestabilita a neefektivita.

Nestabilita je výsledkom preregulovania ako reakcie na zmeny riadených veličín, čo neskôr spôsobuje opačnú odchýlku s podobnou veľkosťou. Vyskytuje sa ako cyklovanie v jednej alebo niekoľkých riadených premenných, ktorých amplitúdy môžu, ale nemusia byť konštantné. Cyklus s konštantnou amplitúdou – známy aj ako limitný cyklus – je spôsobený nelineárnym prvkom v riadiacej slučke. Limitné cykly majú tendenciu nebyť sínusoidné a nedajú sa skorigovať vyladením regulátora alebo náhradou – nelineárny prvok (ako napr. pásmo necitlivosti pri regulačných ventiloch) treba „zdolať“. Ak má slučka lineárny charakter, jej sínusový cyklus môže rásť alebo sa skracovať, ale narastajúci cyklus môže byť obmedzený niektorými fyzikálnymi skutočnosťami, ako je napr. veľkosť zdvihu (dráha) regulačného ventilu. Nestabilita prináša náklady najmä

z pohľadu opotrebovania prvkov zariadení, zníženia výrobných kapacít a neúčinného využívania zdrojov, ako sú napr. energie.

Neefektívnosť (nízka účinnosť) je neschopnosť udržiavať riadené premenné na požadovanej hodnote pri výskyte zmien okolitých podmienok, skladbe a veľkosti dávkovania a pri porušení rovnováhy zapríčinennej činnosťou iných regulátorov. Najhorším prípadom je úplná strata riadenia; potom nasleduje režim ručného riadenia, ktorý bude vyžadovať pozornosť operátora. Ďalšími dôvodmi môžu byť zle vyladené regulátory, nevhodné charakteristiky regulačných ventilov a zle nastavené regulačné slučky. Zlá účinnosť riadenia plytvá zdrojmi, obmedzuje kapacity výroby a znehodnocuje hodnotné produkty. Nasledujúce príklady hovoria o zlepšeniach a úpravách, ktoré šetria peniaze – veľa peňazí.

Prípad 8: Skrátenie nábehu prevádzky

Energetický výrobný závod sa musí uvádzať do prevádzky s malou záťažou, ktorá sa postupne zvyšuje, až nakoniec dosiahne úroveň úplnej záťaže. Riadiaci systém na úrovni kotla alebo parogenerátora musí počas tohto nábehu prejsť z jednoparametrového riadenia (bez regulátora prietoku spätočnej vody) na trojparametrové. Pri malej záťaži zvykne byť teplota vody na spätočke nízka, čo má za následok značnú inverznú reakciu – nárast prietoku vody na spätočke sťahuje bubliny pary, čo spôsobuje dočasné zníženie hladiny

ešte skôr, ako narastie. Takýto stav vytvára skutočné oneskorenie v slučke riadenia hladiny a vyžaduje znovunastavenie regulátora a spomalenie procesu nábehu.

Spomínaný fenomén je výsledkom merania výšky hladiny len v úzkom rozsahu (narrow range, NR) okolo povrchu. Kolabujúce bubliny v kotle praskajú, znižuje sa výška hladiny NR, aj keď zásoba vody meraná prostredníctvom širokého rozsahu (wide range WR) môže aktuálne narastať. Cyklovanie NR hladiny sa objaví pri WR meraní hladiny, ale WR cyklus bude v predstihu až o minútu alebo viac.



V [10] je opísaná technológia prevádzkovaná v jadrovej elektrárni s celkovým výkonom 950 MW, kde WR meranie výšky hladiny je násobené proporcionálnym zosilnením s veľkosťou 12 a pridané na výstup regulátora NR hladiny. Toto dodatočné proporcionálne zosilnenie a predstih zníži špičkovú odchýlku v NR hladine o polovicu a tiež o polovicu jej periódu oscilácie – 4-násobné zníženie integračnej chyby. Slučka riadenia hladiny sa stala jednak stabilnejšia, jednak rýchlejšia, čím sa podstatne skrátil čas nábehu elektrárne.

Prípady 9 a 10: Odstránenie nadmerného presušovania v sušiarňach

V sušiarňach sa zvyknú sušiť rôzne materiály – od potravín až po stavebné materiály, pričom každý z nich má stanovený najvyšší prípustný limit vlhkosti, ktorý sa musí dodržať, aby sa mohol predávať na trhu. Väčšina sušičiek nemá zabudované online meranie hodnoty vlhkosti v sušenom materiáli, ktorú by bolo možné použiť na riadenie, navyše celé meranie je zašumené a procesu dominuje dopravné oneskorenie. Aby sa zaručilo, že sa dosiahne požadovaná kvalita sušiny, produkty bývajú často nadmerne presušované, čo prináša dodatočné náklady:

- každý kilogram produktu obsahuje viac sušiny, pretože je tam menej vlhkosti, čo znehodnocuje produkty,
- na nadmerné presušenie produktov bolo použité viac energie,
- takýto postup znižuje výrobnú kapacitu.

Pri spojitosti pracujúcich sušičkách je k dispozícii deduktívny systém riadenia, ktorý v rámci modelu sušičky uvádza do vzťahu žiadanú hodnotu regulátora teploty vzduchu na výstupe s teplotou vzduchu na vstupe. Takýto prístup v zásade riadi hodnotu vlhkosti produktov bez toho, aby ju priamo musel merať, a odstraňuje poruchy pri riadení rýchlosti posuvu, vlhkosti produktov a vzduchu. Takýto systém bol úspešne nasadený pri sušení drevených vlákien, minerálnej rudy, mlieka, obilnín a polymérov vo vŕtavej, rozprašovacej, rotačnej a vyhrievanej sušiarňe. Celý koncept je bližšie opísaný v [11].

Prášky používané vo farmaceutickom priemysle sa zvyčajne sušia vo fluidných sušiarňach. Tie majú nastavenú hornú aj dolnú hranicu úrovne vlhkosti na zhutňovanie do tabliet: ak je vlhkosť príliš vysoká, tablety sa nalepia na formu, ak je príliš nízka, neskoršie sa rozpadnú. Operátor zvyčajne odhaduje čas prerušenia sušenia a potom produkt vzorkuje. Ak je vysušený málo, proces pokračuje. Ak je tableta vysušená príliš, opäť sa zvlhčí a proces sušenia sa opakuje. Deduktívny dávkovací systém predikuje teplotu vzduchu na výstupe, ktorá zodpovedá želanej úrovni vlhkosti v produkte

a odstavuje sušičku v momente dosiahnutia tejto hodnoty. Predikcia sa vykonáva na základe merania teploty na výstupe, ktorá sa prvýkrát nameria pri začiatku sušenia, pričom pre každý produkt je táto predikcia vždy nová [12].

Prípady 11 – 13: Riadiaci systém na úsporu energií

Prvé frekvenčné meniče pre striedavé motory boli na riadenie procesov k dispozícii približne od roku 1982 a odvtedy zaznamenali významný nárast nasadenia [13]. Avšak ešte stále nie sú nasadené v takom rozsahu, ako by mohli byť, pričom ich potenciál úspor energií najmä pri čerpadlách a kompresoroch je nezanedbateľný. Najväčšie prínosy nasadenia frekvenčných meničov možno badať najmä pri aplikáciách s meniacimi sa prietokmi (či už vzduchu, kvapalín alebo iných materiálov), pri ktorých sa výkon čerpadla mení s treťou mocninou dodaného prietoku, ktorý sa mení lineárne s rýchlosťou čerpadla. Škrtiace ventily naopak menia výkon čerpadla na prebytočné teplo. Obzvlášť vhodnými kandidátmi na nasadenie frekvenčných meničov sú chladiace systémy, ktoré najčastejšie pracujú s meniacou sa záťažou či už vďaka sezónnym zmenám, alebo zmenám okolia počas dňa.

Na optimalizáciu žiadanej hodnoty tlaku v hlave nasávacieho potrubia možno použiť regulátor polohy ventilu (VPC), čím sa môže dosiahnuť minimalizácia hodnoty tlaku len na takú úroveň, aká je potrebná pre aktuálny odber/záťaž. Táto technika sa používa napr. v riadení tokov v potrubí a v riadení technologických zariadení budov. Systémy kúrenia, vetrania a klimatizácie dokážu znížiť svoju spotrebu energie takmer o 35 %, a to vďaka odstráneniu súčasného ohrievania a chladenia.

Ďalšou aplikáciou nasadenia VPC je pohyblivá regulácia tlaku v destilačnej kolóne. Väčšina kolón pracuje s konštantným tlakom. Minimalizovanie prevádzkového tlaku môže viesť k nárastu indexu výparnosti väčšiny zmesí, vďaka čomu možno jednotlivé zložky zmesi oddeliť pri použití menšej energie. V rozmedzí leta a zimy by bolo možné takýmto spôsobom znížiť spotrebu energie až o 25 %, a to v závislosti od dostupnosti chladenia pomocou vzduchom chladených kondenzátorov. Zároveň sa pri ľahkých uhľovodíkoch zvýši aj výrobná kapacita. V [14] je opísaná technológia pozostávajúca zo siedmich destilačných kolón, kde bola pri pohyblivej regulácii tlaku v rámci jednej kolóny priemerná úspora energie za deň 345 USD. V tejto literatúre sú uvedené aj ďalšie príklady úspor pri optimalizácii výrobkov.

Literatúra

- [10] Shinsky, F. G.: Taming the Shrink-Swell Dragon. In: Control, March 2004.
- [11] Shinsky, F. G.: How to Control Product Dryness – without measuring it. In: InTech, Sept. 1968, pp. 47 – 51.
- [12] Shinsky, F. G.: Batch Dryer Control Apparatus. U.S. Patent 3.699,665, Oct. 24, 1972.
- [13] Shinsky, F. G.: Flow and Pressure Control Using Variable-speed Motors. Contr. Eng. Conference, Chicago, May 1982.
- [14] Fauth, C. F. – Shinsky, F. G.: Advanced Control of Distillation Columns. Chem. Eng. Progr., June 1975, pp. 49 – 54.

Autor článku: F.G. Shinsky, konzultant pre oblasť riadenia procesov, ExpertTune, Inc.

Zdroj: Shinsky, F. G.: Control Systems: Investment and Return with Examples From Industry. [online.] ExpertTune, Inc., White Paper, 2010. Citované 8. 1. 2013. Dostupné na: <http://www.experttune.com/articles/WPShinsky2012-2.pdf>.

-tog-