

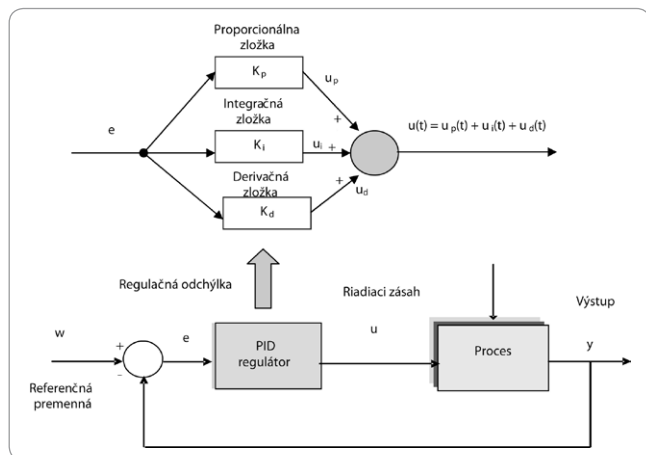
Moderné a praktické prístupy realizácie PID regulátorov (1)

Príspevok sa zaoberá najnovšími trendmi v oblasti vývoja a aplikácie riadiacich systémov, ktoré využívajú PID algoritmy riadenia. Príspevok bude obsahovo a časovo rozdelený na niekoľko navzájom súvisiacich častí s detailným opisom najnovších metód riadenia na báze PID algoritmov.

Úvod do problematiky

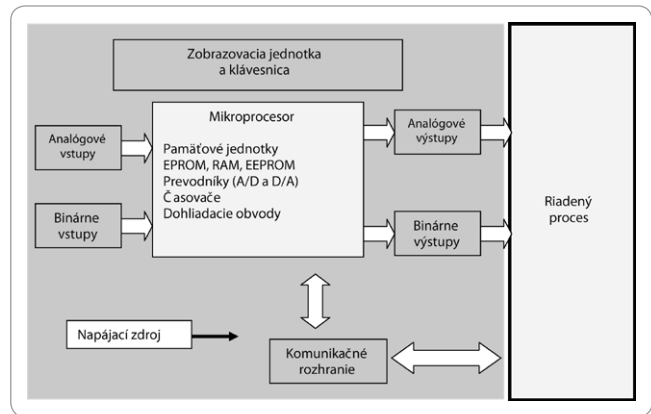
V súčasnosti sa vyvíja rad nových metód automatického riadenia, ktoré využívajú najnovšie poznatky mikroelektroniky, numerickej matematiky, metód výpočtovej inteligencie a nových informačných a komunikačných technológií. Problematika automatického riadenia predstavuje už zhruba 70 rokov jednu z najdynamickejších vývojových a aplikačných oblastí výrazne ovplyvňujúcich kvalitu života vo všetkých oblastiach ľudskej činnosti (priemysel, doprava, biotechnológia, vojenská technika, zdravotníctvo a pod.). Nové metódy automatického riadenia majú vlastnosti adaptability, inteligencie, robustnosti, optimálnosti a predikcie. Rozvoj nových metód automatického riadenia je v súčasnosti významne previazaný s vývojom mikroelektroniky a mikroprocesorovej techniky, smart snímačov a regulačných orgánov potrebných na implementáciu real-time algoritmov riadenia.

Medzi najvyužívanejšie metódy automatického riadenia patria metódy PID techniky riadenia, založené na výpočte riadiaceho zásahu (u) pomocou troch dominantných zložiek, a to zložky proporcionálnej (u_p), integračnej (u_i) a derivačnej (u_d) (obr. 1). Pri aplikácii PID algoritmov riadenia je hlavným cieľom výber takej štruktúry PID regulátora a výpočet takých optimálnych koeficientov, ktoré zaručia, že regulovaná veličina (y) sleduje čo najpresnejšie a najrýchlejšie zmeny žiadanej veličiny (w) a v čo najväčšej miere je potlačený vplyv poruchových veličín.



Obr. 1.: Bázická štruktúra PID regulátora

O tom, že PID regulátory hrajú dominantnú úlohu medzi všetkými metódami automatického riadenia, svedčí fakt, že počet PID aplikácií riadenia je už niekoľko desaťročí okolo 85 – 90 % zo všetkých v súčasnosti aplikovaných metód automatického riadenia. PID regulátory patria svojou jednoduchosťou a nenáročnou implementovateľnosťou k najvyužívanejším realizáciám automatických systémov riadenia technologických procesov v priemysle (chemickotechnologické procesy – rafinérie, papierenský priemysel, potravinárstvo, pohonné systémy, tepelné a hydraulické procesy a pod.). Algoritmy riadenia na báze PID regulátorov sú dnes úspešne aplikované najmä do riadenia procesov s jedným riadeným vstupom a jedným výstupom na reguláciu najmä prietoku, tlaku, teploty, hladiny, koncentrácie; pri procesoch s viacerými vstupmi a výstupmi sú realizované prostredníctvom decentralizovaných PID štruktúr riadenia.



Obr. 2.: Principiálna schéma mikroprocesorovej realizácie PID regulátora

Pôvodné metódy PID riadenia využitím bázeickej štruktúry (obr. 1) sú od svojho vzniku neustále modifikované a vylepšované. Vývoj metód automatického riadenia, riadiacej a mikroprocesorovej techniky, komunikačných technológií, numerickej algoritmov optimalizácie výrazne ovplyvnil aj pôvodné realizácie riadiacich algoritmov typu PID. Aj keď sa štruktúra riadiacich PID algoritmov v spojitom a diskretnom tvare od svojho vzniku veľmi nezmenila, dnes existuje okolo 25 PID štruktúr odvodených od základnej štruktúry riadenia, (ktoré budeme v ďalších častiach seriálu detailnejšie analyzovať); samotné metódy výpočtu optimálnych parametrov regulátora sa aj v súčasnosti neustále vyvíjajú a vylepšujú s využitím princípov robustnosti, predikcie, inteligencie a optimálnosti.

V posledných desiatich rokoch sú to najmä zabudované (embedded) počítačové PID realizácie riadiacich systémov, realizované mikroprocesorovou a mikropočítačovou technikou, ktoré umožňujú efektívny spôsob realizácie riadiacich algoritmov typu PID po softvérovej aj hardvérovej stránke. Základný prvok číslicového regulátora pre väčšinu aplikácií predstavujú mikroprocesory a mikropočítače. Štruktúra takéhoto regulátora je v jednoduchej forme zobrazená na obr. 2. Samotný program – diskretný algoritmus riadenia je uložený v pamäti ROM, EPROM; pamäť EEPROM slúži na uloženie meniacich sa parametrov. Na transformáciu snímaných spojitéch veličín je aplikovaný A/D prevodník a na realizáciu riadiacich zásahov prevodník D/A. V súčasnosti možno všetky činnosti pri mikroprocesorovej realizácii riadenia nahradiť jedným obvodom – jednočipovým mikropočítačom, ktorý dokáže na jednom čipe integrovať okrem vlastného mikroprocesora pamäte aj všetky funkčné bloky a prevodníky.

Do popredia záujmu sa v poslednom čase dostávajú okrem softvérových realizácií riadiacich algoritmov aj hardvérové realizácie číslicových regulátorov, realizované pomocou tzv. Field Programmable Gate Array (FPGA) obvodov [2]. Tieto nové spôsoby realizácie diskretných regulátorov sú výhodné z hľadiska jednoduchosť realizácie, nízkych energetických nárokov a umožňujú efektívne riadiť procesy s vysokou dynamikou. Na riadenie priemyselných procesov sa používajú najmä tieto typy PID realizácie algoritmov riadenia:

- Jednoduché realizácie algoritmov spojitých a diskretných PID regulátorov v spätnoväzbovej štruktúre, dopredných (priamoväzbových – feed-forward), kaskádových a pomerových štruktúrach alebo v kombinovaných spätnoväzbových, priamoväzbových a kaskádových štruktúrach regulácie. Pri návrhu optimálnej

štruktúry riadenia a výpočte koeficientov PID regulátorov treba poznať:

- vlastnosti riadeného procesu charakterizované napr. vstupno-výstupnými meraniami realizovanými off-line spôsobom (priebežné merania vstupov a výstupov, merania odoziev na normovaný vstup) alebo na základe on-line meraní realizovaných v uzavretej slučke spolu s PID regulátorom so známou štruktúrou,
- matematický model, ktorý je výsledkom meraní realizovaných z procesu a reprezentuje dynamické vlastnosti riadeného procesu, alebo také charakteristické veličiny, ktoré reprezentujú podstatné dynamické vlastnosti riadeného procesu (doba nábehu, doba prietahu, kritickú frekvenciu, kritické zosilnenie, časové konštanty, dopravné oneskorenie a pod.).

Riadiace algoritmy PID regulátorov v uvedených štruktúrach sú realizované v digitálnom tvare zväčša v rekurentnej forme ako polohový alebo rýchlostný algoritmus.

- Robustné realizácie PID regulátorov realizované tzv. IMC štruktúrami (Internal Model Control-Riadenie s vnútorným modelom). V súčasnosti sú to aj robustné realizácie PID regulátorov s využitím prístupu nazývaného LMI (Linear Matrix Inequalities) používaného pri úlohách syntézy robustných stavových regulátorov. Robustné PID regulátory s využitím IMC a LMI techník sa využívajú pri riadení procesov s parametrickými a neparаметrickými neurčitostami.
- Inteligentné realizácie PID regulátorov s využitím metód výpočtovej inteligencie (fuzzy logika, umelé neurónové siete a genetické algoritmy). Realizácie PID regulátorov na báze metód výpočtovej inteligencie predstavujú jednu z najväčších aplikácií a inovatívnych prístupov riadenia. Zavedenie metód výpočtovej inteligencie výrazne prispieva k zlepšeniu kvality regulácie predovšetkým pri silno nelineárnych procesoch a procesoch, v ktorých nemožno nájsť adekvátny matematický model a identifikovať parametre modelu.
- Prediktívne prístupy realizácie riadiacich algoritmov typu PID

predstavujú moderný spôsob riadenia priemyselných procesov. Kvalita regulácie s prediktívnymi typmi PID regulátorov sa zvýši z dôvodu využívania numerických optimalizačných metód pri výpočte optimálnych koeficientov regulátorov s rešpektovaním ohraničení na riadiaci zásah, diferenciu riadiaceho zásahu a výstupnú regulovanú veličinu.

- Decentralizované štruktúry riadenia s PID regulátormi sú v súčasnosti realizované predovšetkým pri systémoch s malým počtom vstupov a výstupov. Zabezpečujú autonómne riadenie jednotlivých subprocesov použitím lokálnych riadiacich PID algoritmov a kompenzáciou vplyvu interakcií. V súčasnosti sú decentralizované PID algoritmy riadenia efektívne nahradzvané prediktívnymi metódami riadenia pre MIMO systémy s väčším počtom vstupov a výstupov.

Literatúra

[1]. Isidori, A. – Bars, R. – Dion, J-M. – Engell, S. – Glad, T. (2002): Design Methods, 15th Triennial World Congress, Barcelona, Spain.

[2] Gupta, V. - Khare, K. – Singh, R. P.: Efficient FPGA Design and Implementation of Digital PID Controllers in Simulink. In: International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 2, No. 6, November 2009, p. 147.

Pokračovanie v budúcom čísle.

prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
FEI STU Bratislava
stefan.kozak@stuba.sk