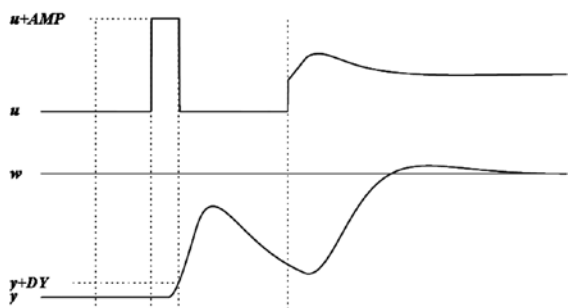


Regulátory s autotunery v ŘS ZAT

Moderní technické prostředky používané v řídicích systémech poskytují stále větší výpočetní výkon. To umožňuje nasazování komplikovanějších a výpočetně náročnějších algoritmů řízení. Masovému rozšíření nových regulačních algoritmů však obvykle brání konzervativnost projektantů, kteří vytvářejí řídicí systém. Kompromisem je pak doplňování standartního bloku PID regulátoru dalšími funkcemi.

V rámci grantu MPO FI-IM3/056 „Metody a algoritmy automatického nastavování průmyslových regulátorů a jejich implementace do řídicího systému ZAT-Plant Suite MP“ byl systém PERTINAX rozšířen o bloky regulace s autotunerem. Jedná se o blok regulátoru s impulzním autotunerem, s releovým autotunerem a se Smithovým prediktorem. Dále byly implementovány bloky, které vhodně regulátor rozšiřují a usnadňují vytvoření regulačního obvodu. Cílem je vytvořit bloky, které umožní kvalitní nastavení regulačních obvodů, ale při tom budou slučitelné se standartními regulátory PID.

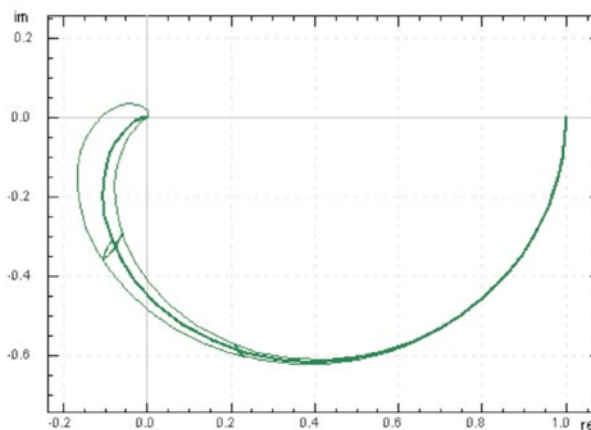
Aby bylo možné naladit regulátor, je třeba identifikovat regulovaný systém. Pro jednoduchost je nutné uvažovat řízený systém jako lineární. Toto zjednodušení je ve většině případů přípustné, neboť je regulovaný systém obvykle blízký lineárnímu, nebo je provozován v pracovním bodě, jehož okolí lze lineárně aproximovat. Impulzní autotuner využívá toho, že úplná informace o lineární regulované soustavě je obsažena v její odezvě na jednotkový skok. Ladění probíhá tak, že regulátor vygeneruje na svém výstupu pulz, který vybudí dvě přechodové charakteristiky navzájem posunuté v čase (obr. 1). Pro vytvoření pulzu je nutné zadat amplitudu pulzu AMP a práh pro ukončení pulzu DY. Po vygenerování náběžné hrany pulzu začne narůstat měřená veličina. Pokud naroste o hodnotu DY je pulz ukončen závěrnou hranou. Vybuzení systému musí být dostatečně vysoké, aby se odezva systému neztratila v poruchách, které na identifikovaný systém působí. Dále je nutné algoritmu autotuneru dodat apriorní informaci, která určuje zda laděný systém má integrační charakter. Identifikační experiment je nutné spouštět v okamžiku, kdy je systém ustálen. Během experimentu by měly být poruchy, které mohou mít vliv na systém, co nejvíce potlačeny. Výhodou impulzního autotuneru je minimální čas, po který identifikační experiment trvá.



Obr. 1. Průběh samoladění, u -akční zásah, w -žádaná hodnota, y -měřená veličina.

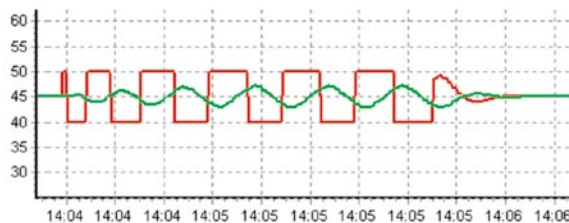
Impulzní autotuner, který je použitý v bloku PIDMA, nepotřebuje k návrhu celou odezvu. Tu by sice bylo možné převést na frekvenční charakteristiku a tu pak tvarovat regulátorem do příslušného tvaru frekvenční charakteristiky otevřeného systému, ale tento návrh by byl zdlouhavý. Místo toho jsou z experimentu odečteny jen tři hodnoty momentů. Těmito hodnotami se parametrizuje množinový

model. Ten je ohraničen několika extrémálními systémy (obr. 2). Množinový model v sobě zahrnuje systémy, které mají podobné chování. Množinovým modelem je také vymezena oblast systémů, na které bude fungovat automatický návrh regulátoru. Zjednodušeně lze říci, že lze autotuner s úspěchem použít na všechny systémy, které mají monotónní přechodovou charakteristiku.



Obr. 2. Frekvenční charakteristiky extrémálních systémů množinového modelu, které vyhovují změřeným momentům.

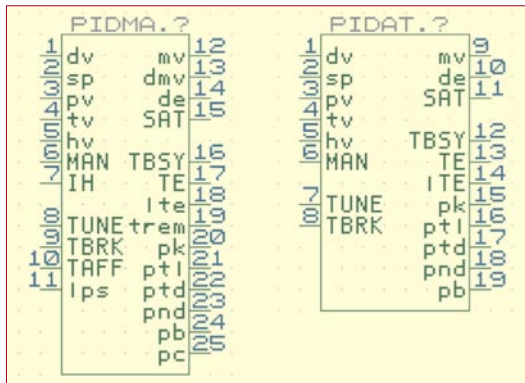
Releový autotuner, který je implementován v bloku PIDAT, používá pro identifikaci řízeného systému adaptivní releový regulátor. Ten během identifikačního experimentu řídí systém. Ze získaného záznamu vstupu a výstupu systému je odhadnut vhodný bod frekvenční charakteristiky, podle kterého jsou navrženy parametry regulátoru. Amplitudu vybuzení, případně hysterezi přepínání určuje projektant před spuštěním identifikačního experimentu. Záznam ladění releovým autotunerem je na obr. 3. Výhodou regulátoru s releovým autotunerem je to, že i během identifikačního experimentu je systém řízen. Identifikační experiment však trvá několika násobě delší dobu (přibližně 6x) než identifikační experiment provedený impulzním autotunerem.



Obr. 3. Záznam ladění regulátoru s releovým autotunerem

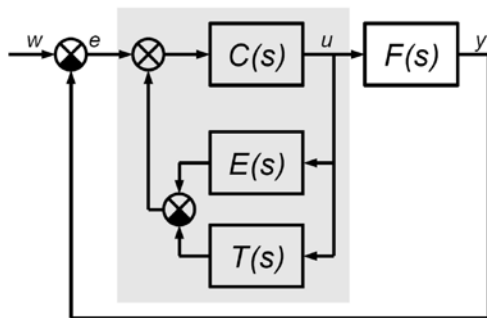
Nová regulační knihovna systému PERTINAX obsahuje bloky regulátoru PIDMA a PIDAT, bloky pro úpravu výstupního signálu pro připojení servomotoru SCU a SCUUV, blok šířkově modulovaného výstupu PWM, zadávací jednotku MCU a model systému 2. řádu

s dopravním zpožděním MDL. Oba regulátory obsahují algoritmus, který odpovídá požadavkům na průmyslový regulátor. Samozřejmostí je filtrace derivační složky a zamezení unášení integrace. Regulátor může přepínat bezrázově mezi ručním a automatickým provozem díky vstupu pro vysledování akčního zásahu. Ten také umožňuje snadnou implementaci selektorové regulace. Na schematických značkách regulátorů, které jsou použity v návrhovém systému PERTINAX, jsou vidět vývody všech signálů, které bloky využívají a poskytují (obr. 4).



Obr. 4. Schematické značky regulátorů

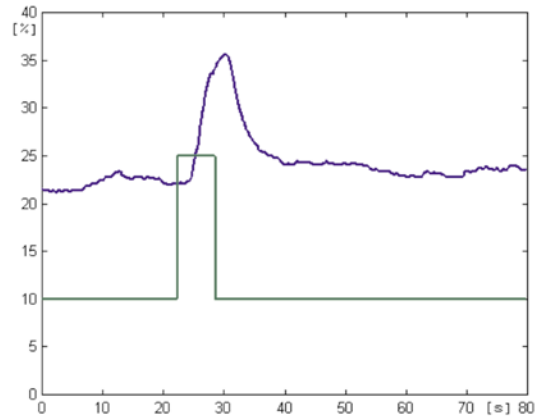
Blok modelu MDL je možné použít pro simulaci a testování regulátoru při školení projektantů. Jeho hlavní využití je však pro vytvoření regulátoru se Smithovým prediktorem. Blok PIDMA totiž umožňuje identifikovat parametry modelu 1. nebo 2. řádu s dopravním zpožděním. To usnadňuje nastavení interního modelu (přenosy $E(s)$ a $T(s)$) ve Smithově prediktoru (obr. 5.). Ladění regulátoru s prediktorem probíhá ve dvou fázích. Nejprve jsou při odpojeném prediktoru identifikovány parametry modelu. Poté, co je model naparametrizován, se provede druhé ladění, kterým se nastaví parametry regulátoru.



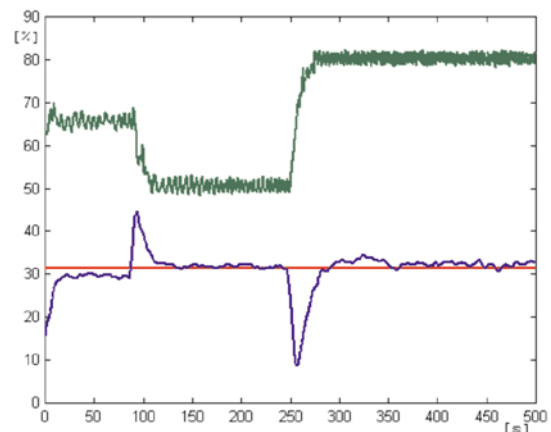
Obr. 5. Smithův prediktor, u -akční zásah, w -žádaná hodnota, y -měřená veličina, e -regulační odchylka. $C(s)$ blok PIDMA, $E(s)$ blok MDL bez dopravního zpoždění, $T(s)$ blok MDL s dopravním zpožděním, $F(s)$ řízený systém.

Pro pečlivém testování jsou v současnosti bloky připraveny pro praktické nasazení. Vzhledem k vyšší výpočetní náročnosti jsou k dispozici jen pro rychlejší procesorové karty typu VM42. Vzhledem k užitečnosti nové knihovny regulačních bloků se však uvažuje o jejím otestování a zpřístupnění na pomalejších procesorových kartách DV 362. Ostré nasazení bylo provedeno v nedávné době

na elektrárně AI Hiswa v Jemenu. Pomocí funkce samoladění zde naši projektanti samostatně a úspěšně naladili několik regulátorů a to včetně regulátorů s ovládáním servoventilu bez zpětné vazby. Laděny byly regulační smyčky na kotli. Jedním z regulátorů byl regulátor podtlaku ve spalovací komoře kotle. Po provedení identifikačního experimentu (obr. 6.) byla regulační smyčka přepnuta do automatického provozu. Následně byla úspěšně otestována její reakce na poruchu (obr. 7.).



Obr. 6. Průběh identifikačního experimentu na kotli, zeleně akční zásah, modře měřená veličina.



Obr. 7. Odregulování poruchy nalahodněným regulátorem, zeleně akční zásah, modře měřená veličina, červeně žádaná hodnota.

Nová knihovna poskytuje ucelenou sestavu bloků, kterými je možné vytvořit základní i pokročilé regulační obvody. Důležitou roli tu hrají nejen samotné regulátory ale i bloky, které upravují výstupní signál pro připojení na různé akční členy. Funkci autotuneru je možné v mnoha případech využít pro optimalizování parametrů PI(D) regulátoru a zkvalitnit tak funkci celého řídicího systému. V dalším projektu připravujeme implementaci regulátorů, které neobsahují obvyklý PID algoritmus. Jedná se o prediktivní regulátor, regulátor s klouzavým režimem a fuzzy regulátor. Pečlivá příprava, implementace a testování pak mohou přinést rozšíření těchto méně obvyklých regulátorů do průmyslové praxe.

Ing. Milan Kučera
ZAT, a. s., Technický rozvoj

ZAT, a. s.

K Podlesí 541, 261 80 Příbram VI, Česká republika
Tel.: +420 318 652 111, fax:+420 318 627 471
e-mail: zat@zat.cz, www.zat.cz

