

Výpočet obecného řídicího zákona prediktivního řízení pro systému druhého řádu bez omezení

Brázdil Michal · Elektrotechnika

29.07.2011



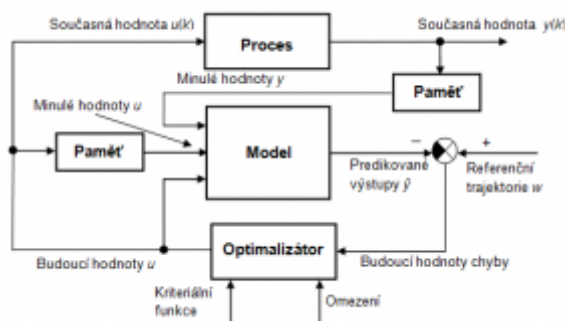
Tento článek se zabývá výpočtem obecného řídicího zákona prediktivního řízení pro systém druhého řádu bez omezení. V první části je stručně popsáno prediktivní řízení, jeho hlavní principy a pojmy. V další části je odvozen obecný řídicí zákon prediktivního řízení pro systém druhého řádu bez omezení. Třetí a poslední část je věnována simulačnímu ověření vypočítaného zákona pro konkrétní systém.

Stručný úvod do prediktivního řízení

Prediktivní řízení je jednou z metod návrhů řízení, která si získala v posledních letech velkou popularitu. Prediktivní řízení je ve své podstatě založeno na použití diskretních modelů procesů, a proto jejich odvození příslušných řídicích algoritmů je realizováno hlavně v diskretní oblasti. Pod pojmem prediktivní řízení chápeme třídu metod řízení, které spojují určité společné charakteristiky:

- Matematický model řízení systému je použitý na predikci budoucího řízení výstupu systému.
- Průběh trajektorie žádané hodnoty regulované veličiny je znám v budoucím čase.
- Výpočet posloupnosti budoucích řídicích zásahů zahrnuje minimalizaci vhodné účelové funkce s budoucími trajektoriemi přírůstků řízení a regulační odchylky.
- Pouze první hodnota akčního zásahu je použita a celý postup minimalizace účelové funkce se opakuje v další periodě vzorkování.

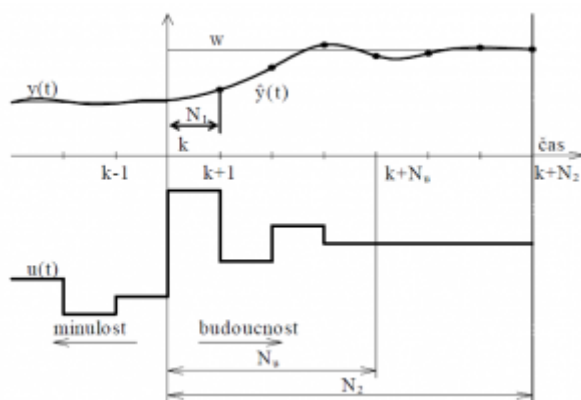
Jednou z předností prediktivního řízení je možnost uvažovat omezení vstupních a výstupních (případně stavových) veličin přímo do návrhu regulátoru. Algoritmy prediktivního řízení jsou při řízení procesů mnohostranně použitelné a robustní. Kvalita řízení ve srovnání s PID regulátory je vyšší. Tyto regulátory jsou použitelné na neminimálně fázové, nestabilní a mnohorozměrné procesy, ale také na systémy s dopravním zpožděním.



Obr. 1: Základní struktura prediktivního řízení

Základní struktura prediktivního řízení je znázorněna na Obr. 1, jeho princip je uvedený na Obr. 2:

1. Model řízeného procesu je explicitní částí regulátoru a je používán na predikci N budoucích výstupů procesu $\hat{y}$. Predikce jsou vypočítané vzhledem k informacím dostupných do času k a vzhledem k neznámé trajektorii akčních zásahů, které je třeba určit.
2. Trajektorie budoucích akčních zásahů je určena z řešení vhodné účelové funkce a omezení. Účelová funkce zahrnuje budoucí predikce výstupu, budoucí trajektorie žádané veličiny a budoucích akčních zásahů.
3. I když byla v předešlém kroku počítána celé trajektorie akčních zásahů, pro řízení procesu je použit pouze první člen $u(k)$. V další periodě vzorkování se celý postup opakuje. Tento princip je označován jako strategie pohyblivého horizontu.



Obr. 2: Princip prediktivního řízení (N_1 , N_2 , N_u – minimální, maximální, řídicí horizont)

Základní rozdělení modelů

V prediktivním řízení je možné použít libovolný model procesu. Vhodný model musí dostatečně vystihovat dynamické vlastnosti procesu. Nejčastěji se používají lineární modely, protože v případě bez omezení je možné vypočítat trajektorii akčních zásahů. Model procesu je potřebný pro výpočet predikce budoucí výstupní trajektorie. Některé modely v sobě přímo zahrnují modely poruch, v jiných se předpokládá, že poruchy jsou konstantní.

Impulzní odezva

Tento model se označuje jako FIR. Výstup je svázaný se vstupem vztahem

$$y(k) = \sum_{i=1}^N h_i u(k-i) = H(z^{-1})u(k) \quad (1)$$

Přechodová funkce

Je velmi podobný modelu FIR a je často používaný v průmyslových aplikacích.

$$y(k) = \sum_{i=1}^N g_i \Delta u(k-i) = G(z^{-1})(1-z^{-1})u(k) \quad (2)$$

Přenosová funkce

Tento model je použit v metodě GPC (Generalized Predictive Control).

$$A(z^{-1})y(k) = B(z^{-1})u(k) \quad (3)$$

Stavový popis

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) \\ y(k) &= Cx(k) \end{aligned} \quad (4)$$

Poruchy

Nejčastěji používaným popisem poruch je ARMA proces

$$n(k) = \frac{C(z^{-1})}{D(z^{-1})}e_s(k) \quad (5)$$

kde e_s je bílý šum. Když uvažujeme model procesu daný rovnicí (3), celkový model může být vyjádřen vztahem ARMAX

$$A(z^{-1})y(k) = B(z^{-1})u(k) + C(z^{-1})e_s(k) \quad (6)$$

Účelová funkce

Standardní účelová funkce obsahuje kvadratické členy filtrované regulační odchylky a přírůstků řízení na konečném horizontě do budoucnosti

$$J = \sum_{i=N_1}^{N_2} [P\tilde{y}(k+i) - w(k+i)]^2 + \lambda \sum_{i=1}^{N_u} [\Delta u(k+i-1)]^2 \quad (7)$$

kde $\tilde{y}(k+i)$ je výstup i kroků do budoucnosti predikovaných vzhledem k informacím dostupných do času k , $w(k+i)$ je posloupnost žádané veličiny a $\Delta u(k+i-1)$ je posloupnost budoucích přírůstků řízení, které mají být spočítány. Implicitně se předpokládají omezení na přírůstky řízení ve tvaru: