

PREDICTIVE FUNCTIONAL CONTROLLER – APLIKACE VÝPOČETNĚ NENÁROČNÉHO PREDIKTIVNÍHO REGULÁTORU

PREDICTIVE FUNCTIONAL CONTROLLER – SIMPLE PREDICTIVE CONTROLLER APPLICATION

Jan Mareš, Daniel Honc¹

Anotace: Článek pojednává o regulaci reálného zařízení jednoduchým a výpočetně nenáročným prediktivním regulátorem PFC (Predictive Functional Controller). Reálnou soustavu v našem případě představuje laboratorní model Hydraulicko-pneumatická soustava. Programově je regulace zajišťována z prostředí MATLAB Simulink.

Klíčová slova: Prediktivní řízení, PFC, regulace reálné soustavy

Summary: Paper deals with real system control by a simple predictive controller (Predictive Functional Controller). The real plant is a laboratory model of Hydraulic-pneumatic system. Process control is realized in the program MATLAB Simulink.

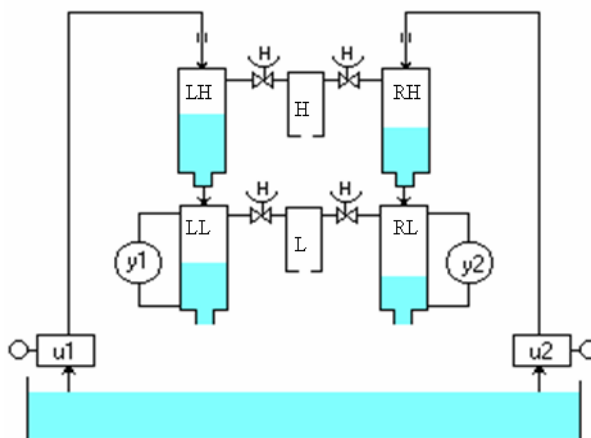
Key words: Predictive control, PFC, real system control

1. ÚVOD

PFC regulátor se řadí mezi prediktivní regulátory „Model Predictive Controllers“. Jedná se o jednoduchý regulátor založený na znalosti matematického modelu ve formě soustavy prvního řádu s dopravním zpožděním. Výhodou je jednoduchost návrhu regulátoru i výpočtu regulačního zákona z jednoduchého algebraického vztahu. Pro nastavení regulátoru jsou k dispozici dva parametry.

2. REGULOVANÁ SOUSTAVA

Hydraulicko-pneumatická soustava (HPS) je kombinací hydraulických a pneumatických prvků (viz obrázek 1). Jedná se o dvourozměrovou soustavu určenou pro experimenty v oblastech modelování, identifikace a řízení [1]. Základní částí modelu jsou čtyři hydraulické nádrže (dvě paralelní sekce se dvěma nádržemi umístěnými nad sebou). Výška nádob je stejná, průřez levých nádob je větší.



Obr. 1 - Schéma HPS

¹ Ing. Jan Mareš, Ing. Daniel Honc, Ph.D. Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra řízení procesů, nám. Čs. legií 565, 532 10 Pardubice, e-mail: jan.mares@student.upce.cz

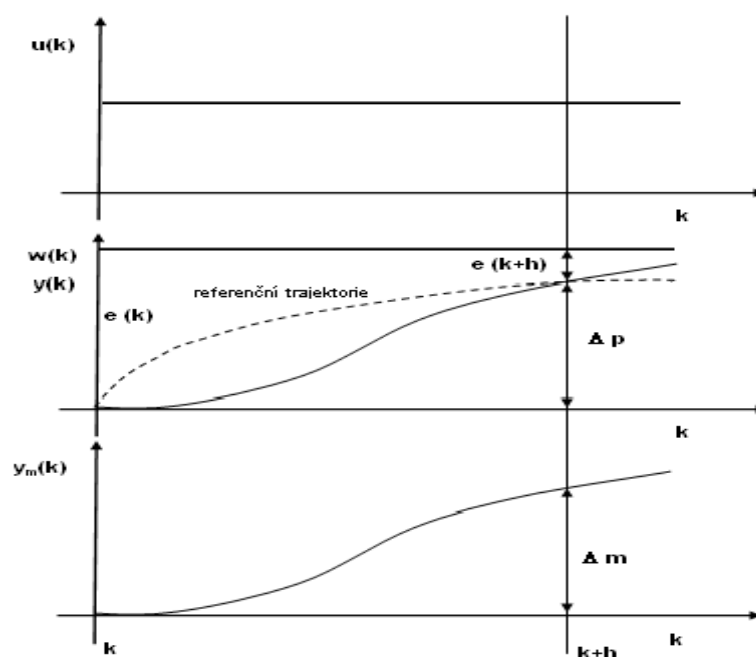
Voda je ze zásobní nádrže čerpána do horních nádob, odkud clonami ve dnech protéká do nádob spodních, z nichž vytéká zpět do zásobní nádrže. Hladiny ve spodních nádobách se měří snímači tlakové difference. Ovládací signál obou čerpadel je 0-10 V (toto napětí je v ovládací jednotce převedeno na 4-10 V pro napájení čerpadel). Výstupní signál snímačů hladiny je 0-10 V. Model je akviziční kartou propojen s počítačem a řízen z prostředí MATLAB Simulink.

3. PFC REGULÁTOR

U Predictive Functional Controller (PFC) [2] je řízený proces popsán jednoduchým modelem – soustavou prvního řádu s dopravním zpožděním. Z aktuální žádané hodnoty a hodnoty regulované veličiny se provede výpočet takového akčního zásahu, aby se regulační odchylka na konci horizontu zmenšila exponenciálně na zlomek původní hodnoty. Je uvažován pouze jeden akční zásah na celém horizontu a pouze jeden bod pro regulační odchylku. Díky tomu lze hodnotu akčního zásahu vypočítat pomocí jednoduchého algebraického vztahu. Výpočet akčního zásahu se v každém intervalu vzorkování opakuje. Výhodou tohoto přístupu je relativní jednoduchost návrhu regulátoru a také výpočtu akčního zásahu (regulačního zákona).

Pro regulátor je použit model ve tvaru soustavy prvního řádu s dopravním zpožděním, je tedy popsán vztahem

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1 + T_1 s} \cdot e^{-T_d s} \quad (1)$$



Obr. 2 – Princip metody PFC

Princip metody PFC je patrný z obrázku 2. V prvním grafu je znázorněna akční veličina, v druhém regulovaná a žádaná hodnota a ve třetím je výstup modelu soustavy. Aktuální stav je v bodě k a uvažovaný bod na konci horizontu v $k+h$. PFC využívá myšlenkové oddělení výstupu procesu od výstupu modelu – tím je dosaženo integračního charakteru regulátoru (odregulování poruchy s nenulovou střední hodnotou a nulové regulační odchylky i v případě nesouhlasu modelu a procesu).

Výpočet regulačního zákona vychází z předpokladu, že se hodnoty přírůstků výstupu procesu a modelu v čase $(k+h)$ rovnají. Platí tedy rovnice (2).

$$\Delta p = \Delta m \quad (2)$$

Po dosazení známých veličin z modelu a procesu a vyjádření neznámé hodnoty $u(k)$, dostáváme rovnici (3)

$$u(k) = [w(k) - y_p(k) - y_m(k) + y_m(k-d)]k_0 + y_p(k).k_1 \quad (3)$$

k_0 a k_1 jsou konstanty vyjádřené ve vztazích (4) a (5) a hodnota λ v rovnici (6).

$$k_0 = \frac{1 - \lambda^h}{K \cdot (1 - a^h)} \quad (4)$$

$$k_1 = \frac{1}{K} \quad (5)$$

$$\lambda = e^{-\frac{3\Delta t}{T_c}} \quad (6)$$

Parametry h a T_c jsou volitelné parametry pro možnost nastavení prediktivního regulátoru. Parametr h vyjadřuje horizont řízení a parametr T_c popisuje dynamiku uzavřeného regulačního obvodu.

4. REGULAČNÍ POCHOD

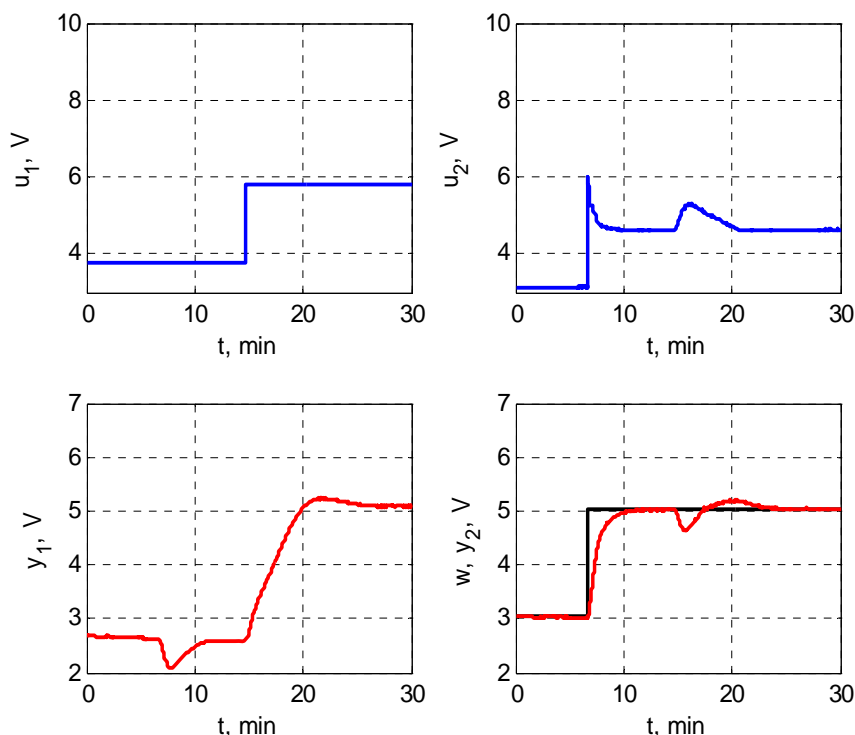
Regulovanou veličinou je hladina v pravé dolní nádrži a akční veličinou je přítok kapaliny do pravé horní nádrže (otáčky čerpadla). Levá soustava nádrží slouží pro generování poruchy.

Hodnoty zesílení, časové konstanty a dopravního zpoždění byly vypočteny numerickou optimalizací z naměřené přechodové charakteristiky a jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 – Parametry modelu regulované soustavy

K	1,53
T_I	86,31 s
T_d	12,77 s

Regulační pochod je vykreslen na obrázku 3. Levá dvojice grafů vykresluje průběh poruchy, pravá pak akční a regulovanou veličinu se žádanou hodnotou. Regulace proběhla s nastavenými parametry $h = 20$, $T_c = 100$.



Obr. 3 - Řízení reálné soustavy PFC regulátorem

5. ZÁVĚR

Prediktivní regulátor PFC je poměrně jednoduchý a výpočetně nenáročný regulátor. Pro výpočet regulačního zákona je zapotřebí znát model soustavy – je použita aproximace soustavou prvního řádu s dopravním zpožděním.

Odezvu regulačního pochodu lze ovlivňovat volbou dvou parametrů. Tím lze dosáhnout různé dynamiky uzavřeného regulačního pochodu a současně robustnosti řešení v případě nižší kvality modelu.

Príspevek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu MSM 0021627505 „Teorie dopravních systémů“ Univerzity Pardubice.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MACHÁČEK, J.; HONC, D.; DUŠEK, F. *Výukový laboratorní model hydraulicko-pneumatické soustavy*. AUTOMA 8-9. 2005.
- [2] RICHLET, J. *Pratique de la commande prédictive*. Hermes Sciences Publicat , 1993. 349 pp.

Recenzent: doc. Ing. František Dušek, CSc.
Univerzita Pardubice, FEI, Katedra řízení procesů