

ADAPTIVE OPTIMAL CONTROLLERS WITH PRINCIPLES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MATLAB-B&R

Michal Mrázek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xmraze01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Pivoňka

E-mail: pivonka@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper describe adaptive optimal controller design which change its parameters based on the system identification. Identification can be realized through the use of method of least squares or method based on the neural networks. Adaptive optimal controller and its discrete equivalent PID (let us say PSD) are compared in MATLAB-SIMULINK and GUI (Graphical User Interface). Resulting source code will implement to program logic controllers B&R and will perform simulation on real systems.

1. ÚVOD

Adaptivní optimální regulátory mění svoje parametry na základě identifikace soustavy – tato soustava může v čase měnit svoje vlastnosti. V praxi to znamená, že se regulátor sám přizpůsobí (adaptuje) na danou soustavu bez nutnosti zásahu uživatele. Identifikace se provádí pomocí průběžné metody nejmenších čtverců s exponenciálním zapomínáním nebo pomocí neuronové sítě. Výsledné hodnoty parametrů modelu regulované soustavy jsou použity pro výpočet nových parametrů regulátoru. V tomto článku jsou popsány výsledky semestrální práce 2 a průběžné výsledky diplomové práce. Simulace adaptivního optimálního regulátoru a pevně nastavených diskretních ekvivalentů PID byla provedena v prostředí MATLAB-SIMULINK s využitím nástavby GUI (Graphical User Interface).

2. ADAPTIVNÍ OPTIMÁLNÍ REGULÁTORY

Adaptivní optimální regulátor je typ samočinně se nastavujícího regulátoru, který mění svoje parametry na základě průběžných informací o soustavě a zároveň splňuje kritérium optimality.

2.1. IDENTIFIKACE

V praxi se velmi často vyskytují regulátory s pevně nastavenými parametry pro danou soustavu. V těchto případech není nutné regulovanou soustavu průběžně identifikovat. Může ale nastat případ, kdy se v průběhu regulace mění parametry soustavy (procesu) a regulátor je nucen přizpůsobit se těmto změnám (adaptace). Aby se regulátor mohl přizpůsobit, je nutné znát chování reprezentované modelem procesu. Cílem je získat model, který co nejlépe aproximuje reálný proces.

Identifikace se často provádí metodou nejmenších čtverců (RLS), tj. minimalizace kvadrátu odchylek výstupních hodnot ze soustavy a výstupních hodnot z modelu. Dále lze tuto metodu modifikovat na průběžnou a s exponenciálním zapomináním. Výhodou této metody je její jednoduchost a snadná implementace do řídicích mikrokontrolérů. Další možností je použití neuronové sítě – metoda Back Propagation (BP) nebo metoda Levenberg-Marquardt (LM). Výhodou LM metody je to, že výsledné hodnoty parametrů modelu soustavy rychleji konvergují k ustálené hodnotě než u metody BP (platí pro identifikaci s 1 neuronem).

2.2. LQ REGULÁTOR

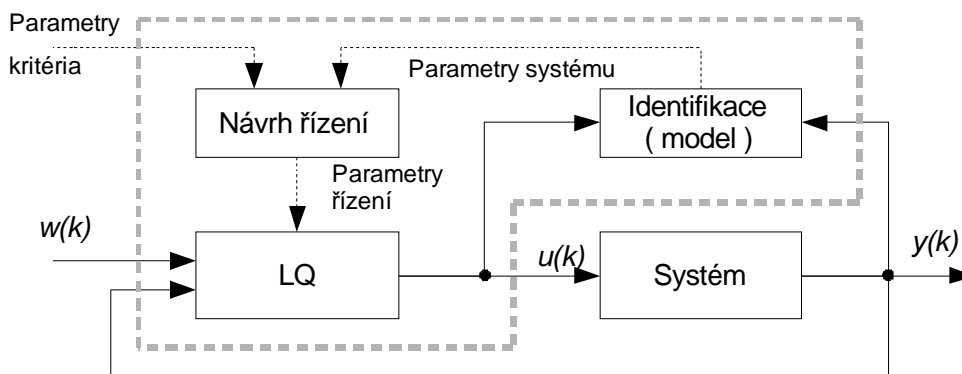
Kvadratický optimální regulátor je ve své základní formě stavový regulátor s proporcionálními zpětnými vazbami od stavů systému. Matice zesílení K se volí na základě optimálního kritéria. Lineární kvadratický regulátor bývá obecně označován jako LQ regulátor (Linear Quadratic) – jedná se o lineární regulátor s kvadratickým kritériem. Vlastnosti LQ regulátoru se nastavují pomocí konstant optimalizovaného kritéria.

Matici zpětným vazeb K lze získat různými způsoby – např. dynamickým programováním. Matice K konverguje k ustálené hodnotě při dostatečném počtu iterací (horizont optimalizace). Pak platí vztah nazývaný *algebraická Riccatiho rovnice*. Řešení lineárního řízení je ve tvaru:

$$u(k) = -K x(k) \quad (1)$$

Pokud je LQ regulátor popsán tímto způsobem, jedná se o klasický stavový regulátor, který se snaží dostat všechny stavy z počátečních hodnot do nuly. V praxi přibývá požadavek dosažení žádané výstupní hodnoty, tzv. sledování referenční trajektorie a vyregulování působících poruchových veličin bez chyby. Dalším požadavkem bývá dosažení nulové ustálené odchylky, tzv. asymptotické sledování referenční trajektorie. Požadovaných úprav se dosahuje rozšířením struktury modelu. Parametry řídicího algoritmu jsou pak navrženy na rozšířený model.

2.3. ADAPTIVNÍ LQ REGULÁTOR



Obrázek 1: Blokové schéma adaptivního LQ řízení

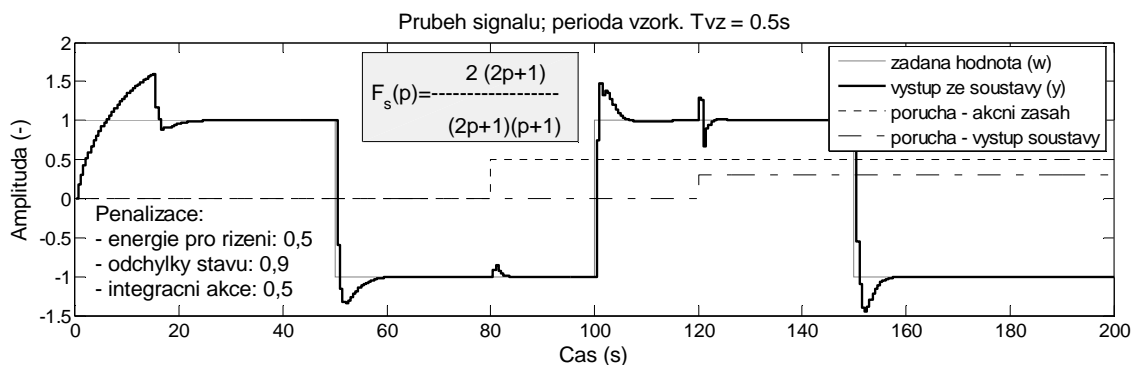
LQ regulátor založený na stavovém popisu lze jednoduše použít pro adaptivní řízení. Při použití identifikace modelu ARX lze identifikované parametry použít přímo ve stavovém modelu regulovaného systému. Nemusí se tedy navrhovat konstanty regulátoru (jako např. u adaptivních PSD regulátorů).

3. SIMULAČNÍ PROGRAM „LQ REGULATOR“

Algoritmus adaptivního optimálního regulátoru byl implementován do vytvořeného programu „LQ regulator“ v prostředí MATLAB-SIMULINK s využitím nastavby GUI. Simulační program umožňuje zvolit:

- libovolnou soustavu SISO 1. až 4. řádu
- řád modelu zadané soustavy pro identifikaci (1. až 4. řád)
- metodu identifikace – metoda nejmenších čtverců nebo metoda Levenberg-Marquardt
- průběh žádané hodnoty (obdélníkový signál libovolné amplitudy a střídy)
- velikost a čas působení poruchy žádané hodnoty a poruchy výstupu ze soustavy
- koeficienty PSD a S-PD regulátorů (pro porovnání řízení s LQ regulátorem)
- parametry optimálního kritéria, koeficient zapomínání pro metodu RLS atd.

Po provedení simulace jsou podle požadavku uživatele zobrazeny průběhy žádané hodnoty, poruchových signálů, akčního zásahu, výstupního signálu ze soustavy a průběhy identifikovaných parametrů modelu regulované soustavy.



Obrázek 2: Průběhy vybraných signálů pro model 2. řádu, identifikace metodou RLS

4. ZÁVĚR

Tento algoritmus byl ověřen také na fyzikálním modelu procesů (SISO) v laboratořích. V rámci diplomové práce bude algoritmus přepsán do jazyka ANSI C tak, aby jej bylo možné implementovat do programovatelného automatu B&R. Potom bude opět provedena simulace na fyzikálním modelu procesů (SISO) a výsledné průběhy budou porovnány s průběhy při řízení pomocí diskrétního PID regulátoru.

LITERATURA

- [1] Pivoňka, P.: Optimalizace regulátorů, Brno, skriptum FEKT VUT, 2005
- [2] Bobál, V., Böhm, J., Prokop, R., Fessl, J.: Praktické aspekty samočinně se nastavujících regulátorů: algoritmy a implementace, Brno, VUTIUM 1999, ISBN 80-214-1299-2
- [3] Andersen, P.: Optimal Control Lecture, Aalborg University Denmark, 2007. Dostupné z: <http://www.control.auc.dk/~pa/kurser/Optimal/index.html> [citováno 2008-02-20]
- [4] Mrázek, M.: Adaptivní optimální regulátory s principy umělé inteligence v prostředí MATLAB-B&R, Semestrální práce 2, Brno, ÚAMT FEKT VUT, 2008