

## Aplikace pokročilých regulačních metod pro řízení spojitých systémů

*Bc. David Černý, Ing. Martin Diblík Ph.D.*

### Abstrakt

Práce se zabývá realizací pokročilých metod řízení na PLC firmy B&R s využitím propojení prostředí B&R Automation Studio a doplňku pro Matlab - B&R Automation Studio Target for Simulink, který převádí navržený simulační model v Simulinku na kód v jazyce C. Tento kód je generován do Automation Studia s možností ho ihned nahrát do PLC. Regulace je provedena na motoru spojeném pružnou spojkou s tachodynamem. Práce popisuje tvorbu programu od instalace a zprovoznění softwaru k realizaci čtyř druhů regulátorů: PID a modifikovaného PID regulátoru, regulátoru s vnitřním modelem a stavového regulátoru. K ovládání úlohy slouží uživatelské vizualizační rozhraní, které umožňuje nastavení a výběr regulátoru.

---

### Úvod

V zadání práce se nachází několik podstatných bodů, především seznámení se softwarem a PLC automaty firmy B&R, návrhem vizualizace a porovnáním výsledků regulace s Matlab Real-Time Toolboxem. Samotná realizace pokročilých metod řízení společně s PID regulátory nebyla na reálné úloze doposud vyzkoušena a práce tímto volně navazuje na autorův semestrální projekt. Motivací pro práci byly některé závěrečné práce a články z VUTBR či polských nebo slovenských vysokých škol, které již běžně používají doplněk B&R Automation Studio Target při svých experimentech.

Největším problémem při realizaci je fakt, že nikde není popsán celý postup implementace pro reálnou úlohu, či případná specifika v interpretaci některých bloků v Simulinku a jejich příslušných nastavení.

### Experiment a metody

Práce byla realizována na PLC automatu firmy B&R, přesněji B&R X20CP1484-1. K PLC byly připojen modul analogových vstupů X20AI4222 s rozsahem  $\pm 10$  V s 13 bit rozlišením a modul analogových výstupů X20AO4622 se stejným rozsahem a 12 bit rozlišením. Reálná soustava je tvořena dvěma motory typu P2TV369 s jmenovitým napětím 24 V odpovídajícím 2000 otáčkám za minutu. Model je vybaven řídicím obvodem snižujícím vstupní a výstupní rozsah napětí na hodnotu  $0\div 10$  V. Celá soustava a PLC je napájena stabilizovaným zdrojem ZPA Dččín s výstupem 25 V/10 A.

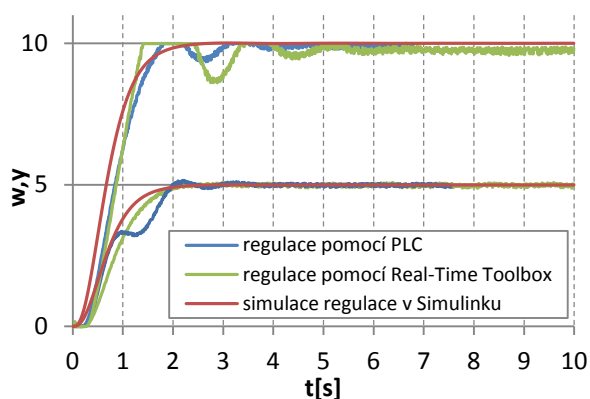
V první části byly navrženy jednotlivé typy regulátorů, byla provedena jejich simulace a počáteční seřízení v Simulinku. Pro regulaci byla zvolena vzorkovací perioda  $T = 10$  ms. Všechny regulátory byly nastaveny pro regulaci soustavy reprezentované spojitým přenosem, který byl získán identifikací a je následující.

$$F = \frac{1,32}{0,0103s^3 + 0,1468s^2 + 0,243s + 1} \quad (1)$$

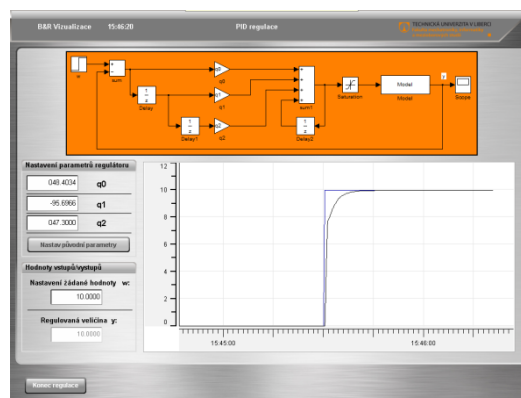
Dále byly upraveny jednotlivé modely v Simulinku pomocí bloků z knihovny B&R Automation Studio Tooblox. Regulace byla vyzkoušena nejprve na virtuálním PLC ArSim, poté na reálném PLC a naposledy na PLC připojeném k reálné úloze. Po ověření funkčnosti jednotlivých regulátorů bylo vytvořeno vizualizační prostředí v Automation Studiu tak, aby bylo možné celou úlohu ovládat na virtuálním panelu v PC nebo na dotykovém panelu připojenému k PLC. Posledním krokem bylo naměření a porovnání průběhů získaných z Matlab Real-Time Toolboxu. Výsledné grafy byly následně vyhodnoceny a porovnávala se kvalita regulace pomocí jednotlivých metod.

## Výsledky a diskuze

Výsledkem práce je projekt v Automation Studiu obsahující všechny regulátory, reálnou konfiguraci pro dané PLC a celou vizualizaci. V práci jsou porovnány jednotlivé regulátory a je popsán problém s tachodynamem, který negativně ovlivňuje regulaci při žádané hodnotě 10 V. Naměřené hodnoty jsou vloženy do grafů (příkladem je Obrázek 1), ze kterých lze jednotlivé regulátory porovnat.



Obrázek 1. Regulator s vnitřním modelem



Obrázek 2. Vizualizace s PID regulátorem

## Závěr

Z naměřených hodnot a grafů lze říci, že všechny regulátory byly funkční. Jako nejhorší vyšel obyčejný PID regulátor, který při zvolené periodě 10 ms trpěl velkými špičkami akční veličiny. Naopak jako nejlepší vychází ze své podstaty stavový regulátor, který by při větším rozsahu analogového výstupu mohl poskytnout agresivnější regulaci. Při stávajícím seřízení se však subjektivně lépe choval regulátor s vnitřním modelem, který byl pro svůj návrh nejjednodušší a podával uspokojivé výsledky. Jako vhodná alternativa pro PID regulátor se potvrdila Takahashiho modifikace PID regulátoru.

Hlavním problémem v práci, který se však podařilo vyřešit, byla reprezentace matic a vektorů, tak aby byly ve vygenerovaném kódu správně reprezentovány. Tento problém se týkal stavového regulátoru a jeho řešení zabralo nejvíce času. V práci bylo provedeno pouze základní seřízení jednotlivých regulátorů, aby mohla být potvrzena funkčnost regulátorů běžících na PLC, v tomto směru autor vidí prostor pro vylepšení práce.

## Reference

- [1] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické řízení*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 663s. ISBN 80-730-0020-2.
- [2] MARLIN, Thomas E. *Process control: designing processes and control systems for dynamic performance*. 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2000, xxxiii, 1017 p. ISBN 00-703-9362-1.
- [3] ŠULC, Bohumil. *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*. 1. vyd. Praha. Vydavatelství ČVUT, 2004, 333 s. ISBN 80-010-3007-5.
- [4] VÍTEČKOVÁ, Miluše. Návrh a seřízení konvenčních regulátorů. *TRILOBIT*. 2009, roč. 1, č. 1. DOI: 1804-1795. Dostupné z: <http://trilobit.fai.utb.cz/navrh-a-serizeni-konvencnich-regulatoru>.
- [5] BERNECKER + RAINER INDUSTRIE-ELEKTRONIK GES.M.B.H. *B&R Automation Studio Targert for Simulink®: TM140*. 2011.