

## Aplikace pokročilých regulačních metod pro řízení vícerozměrných spojitých systémů

*Bc. Daniel Kajzr, Ing. Martin Diblík, Ph.D.*

### Abstrakt

Práce se zabývá aplikací regulačního systému sestávajícího z PLC firmy B&R, vývojového prostředí B&R Automation Studio a doplňku B&R Automation Studio Target for Simulink na vícerozměrovou úlohu. Takto řešený regulační systém umožňuje regulovat vícerozměrový systém pomocí PLC a simulačního modelu, vytvořeného v programu Matlab a jeho nadstavby programu Simulink. Systém je aplikovaný na reálnou vícerozměrovou úlohu, konkrétně na úlohu regulace výšky hladin dvou spojených nádrží. Dále je v práci uskutečněna parametrická identifikace a následný návrh decentralizovaného řízení úlohy. Pro navržené metody řízení je v práci naprogramované uživatelské vizualizační rozhraní.

### Úvod

Práce navazuje na diplomový projekt [1], ve kterém jsme se zabývali možnostmi propojení (převodu) simulačních schémat dynamických systému, vytvořených v programu Matlab/Simulink do prostředí B&R Automation Studio. V diplomové práci jsme se zaměřili na implementaci takto navrženého způsobu řízení na reálnou vícerozměrovou úlohu v podobě řízení výšky hladin dvou spojených nádrží.

Dále se v práci zabýváme problematikou řízení vícerozměrových systémů a samotným návrhem decentralizovaného řízení, včetně návrhu filtrů eliminujících vliv křížových vazeb – technikou dekompozice.

### Experiment a metody

Systém byl zkoušen na PLC B&R X20CP1484-1 s přidaným modulem 4 analogových vstupů X20AI4222 s rozsahem +/- 10 V a s modulem 4 analogových výstupů X20AO4622 s možností napěťového či proudového ovládní s rozsahem +/- 10 V (popř. 0 až 20 mA, 4 až 20 mA). Akční členy u reálné úlohy reprezentovala dvě čerpadla s rozsahem 0 až 10 V. Sledovanými měřenými výstupy byly výšky hladin v obou nádržích. Výšky hladin byly měřeny tlakovými čidly s rozsahy 0 až 10 V, přičemž levé čidlo pracovalo jen v úzkém pracovním rozsahu (1,5 – 3,5 V). Nejprve byla provedena parametrická identifikace úlohy, jejímž výsledkem byla přenosová matice systému  $G(s)$ .

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{0,3723}{18,23s+1} & \frac{0,3196}{20,97s+1} \\ \frac{0,989}{20,39s+1} & \frac{1,107}{15,96s+1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

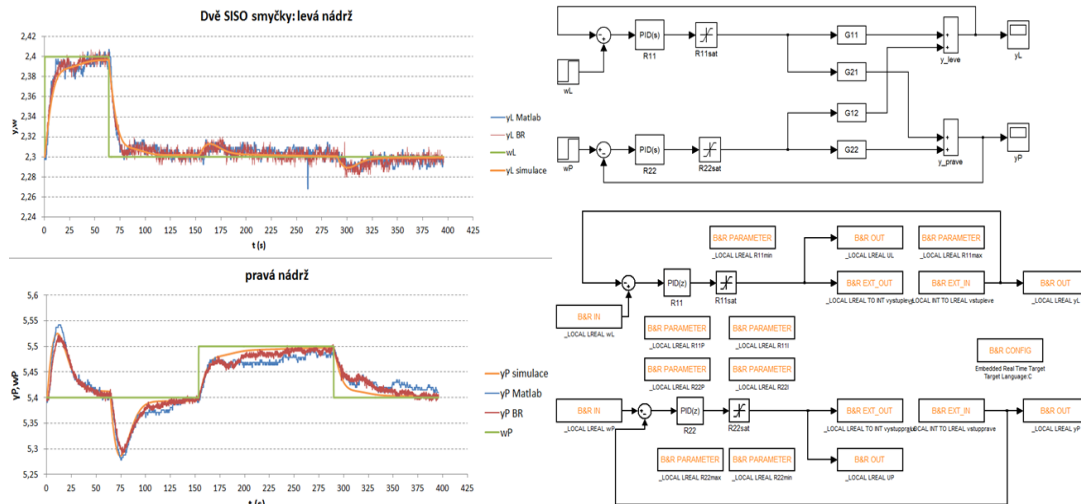
Na základě této přenosové matice byly navrženy jednotlivé typy regulátorů. Návrh a odladění regulátorů probíhaly v programu Matlab a prostředí Simulink. Poté byly vytvořeny simulační/regulační modely, které byly doplněny, pro možnost automatického generování kódu, o bloky z knihovny B&R Automation Studio Toolbox. Následně se musela provést diskretizace spojitých systémů s periodou vzorkování  $T = 100$  ms a nastavení všech potřebných parametrů a cest pro automatické generování kódu. Vygenerované modely byly odzkoušeny na simulátoru Arsim programu Automation Studio a poté spuštěny na reálném PLC firmy B&R. Samotný experiment regulace byl zvolen tak, aby bylo patrné působení křížových vazeb a chování systému na hranici akčních zásahů. Nejprve byl proveden skok žádané hodnoty na levé nádrži a u druhé nádrže byl

### Rozšířený Abstrakt

požadavek, aby hladina zůstala na konstantní hodnotě. Celý proces se po té opakoval pro druhou nádrž.

### Výsledky a diskuze

Výsledkem práce je popis implementace navržených způsobů regulace na PLC B&R a srovnání výsledků dosažených pomocí navržených způsobů regulace s regulací pomocí Matlab Real Time Toolboxu a výsledky Simulace. V rámci řešení této práce byl vytvořen projekt v Automation Studiu obsahující všechny navržené způsoby regulace, s možností přepínání mezi jednotlivými způsoby regulace a vizualizací pomocí naprogramovaného vizualizačního rozhraní.



Obrázek 1. Výsledky regulace a simulační schémata

### Závěr

Práce představuje komplexní celek, zabývající se využitím doplňku B&R Target for Simulink pro řízení vícerozměrového systému – systému dvou spojených nádrží. Všechny navržené způsoby se povedlo zprovoznit a implementovat na reálné PLC. Z naměřených hodnot regulace byly sestaveny grafy, které dokumentují výsledky simulace a výsledky měření na reálné soustavě. Z jejich průběhů bylo patrné, že řízení navržené na matematickém modelu bylo použitelné zvláště pro levou nádrž, respektive pracovní oblast levé nádrže. Skoro u všech navržených metod řízení výsledky simulace u přímé vazby levé nádrže vhodně reprezentovaly chování reálného systému. Ze všech navržených metod řízení dosahovaly nejlepších výsledků inverzní a ideální dekompozice. V případě výsledků eliminace křížových vazeb nebylo dosaženo na reálné soustavě žádnou navrženou metodou úplné eliminace. V systému byl totiž vliv křížových vazeb velmi výrazný a tento fakt nám už predikovalo číslo podmíněnosti. Po provedení srovnání regulace pomocí PLC B&R a regulace pomocí Matlab Real Time Toolbox jsme dospěli k závěru, že výsledky regulace byly ve všech případech, až na matici regulátoru, velmi podobné a regulace pomocí PLC B&R dosahovala vesměs lepších výsledků.

### Reference

- [1] KAJZR, Daniel, David ČERNÝ. Analýza možností Matlab/Simulinku pro regulaci dynamických systémů pomocí PLC. Liberec, 2013. Ročníkový projekt. TUL.
- [2] MODRLÁK, Osvald, Lukáš, HUBKA. Řízení vícerozměrových systémů. Studijní materiály. Liberec, 2011. 128 s.
- [3] BERNECKER + RAINER INDUSTRIE-ELEKTRONIK GES.M.B.H. B&R Automation Studio Targert for Simulink®: TM140. 2011.