



**KONTAKT 2011**



# ***Robustní řízení čtyřválcové vodárny***

***Autor: Bc. Václav Trnka (trnkavac@fel.cvut.cz)***

***Vedoucí: Ing. Petr Hušek, Ph.D. (husek@fel.cvut.cz)***

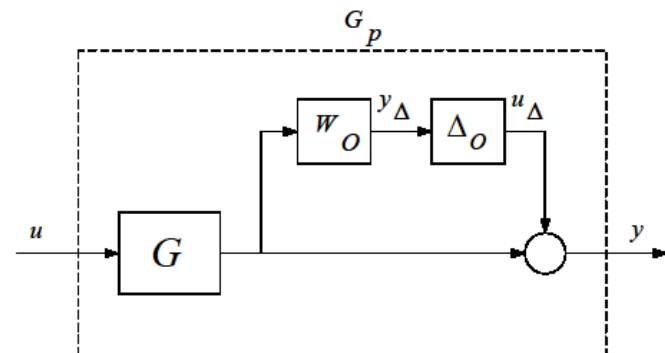
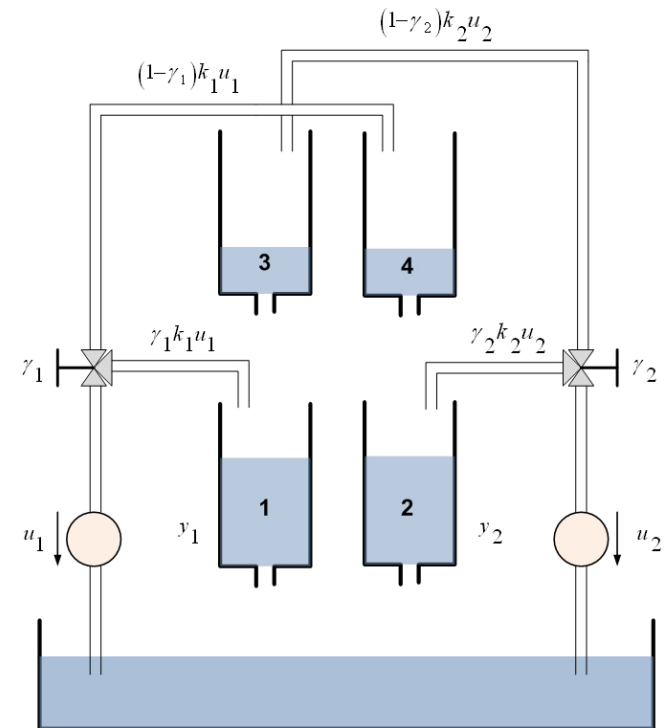
# Robustní řízení čtyřválcové vodárny

## Cíl práce:

- Návrh regulátorů klasickými (PI, LQ) i pokročilými metodami ( $H_\infty$  - optimalizace) a jejich porovnání

## Model vodárny:

- MIMO systém (2x2)
- 4 stavy
- Minimální / neminimální fáze
- Neurčitost v parametrech ( $\pm 5\%$ ) – reprezentovaná multiplikativní neurčitostí

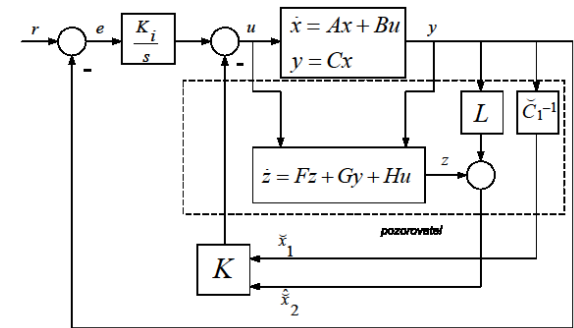
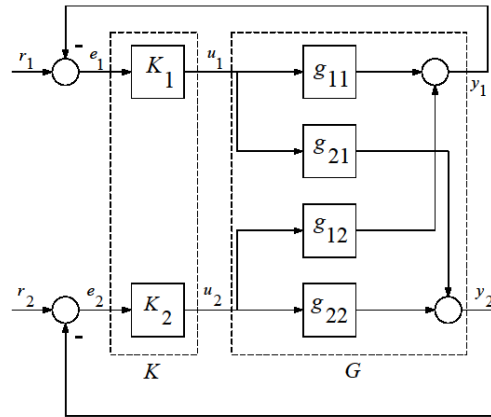


# Robustní řízení čtyřválnové vodárny

## Návrhové metody:

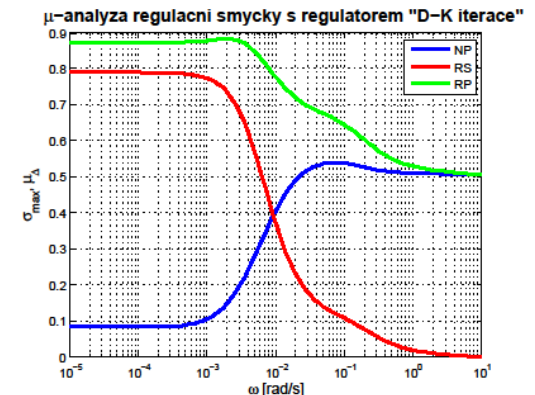
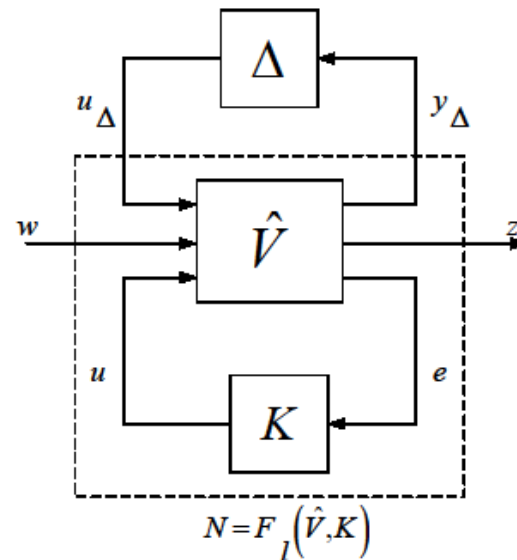
### *Klasické*

- Návrh pro nominální model
- Decentralizovaný PI regulátor
- LQ regulátor s pozorovatelem



### *H<sub>∞</sub> - optimalizace*

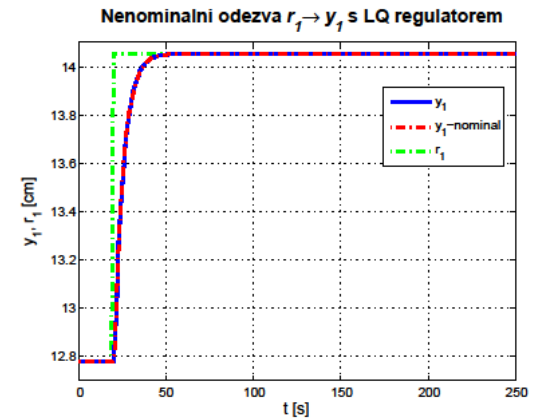
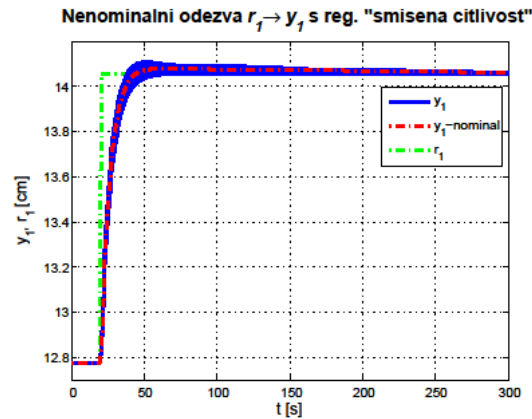
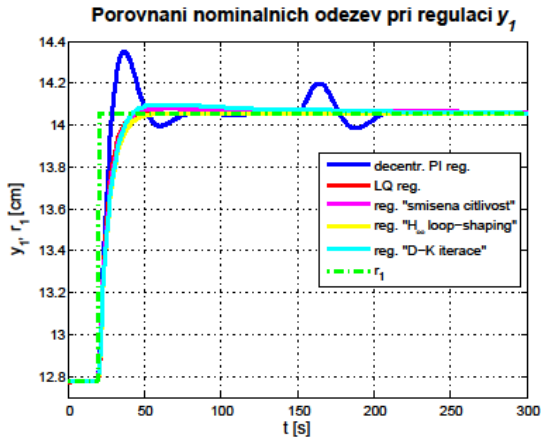
- Neurčitost v návrhu
- Smíšená citlivost
- H<sub>∞</sub> loop-shaping
- D-K iterace



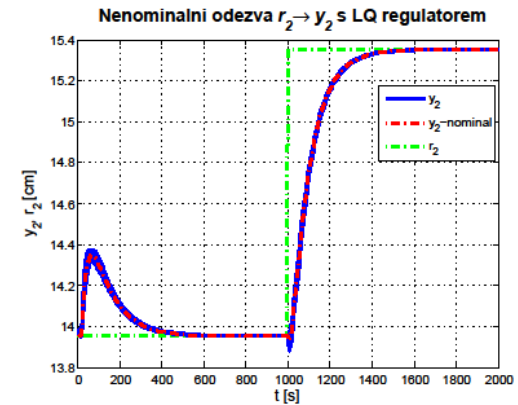
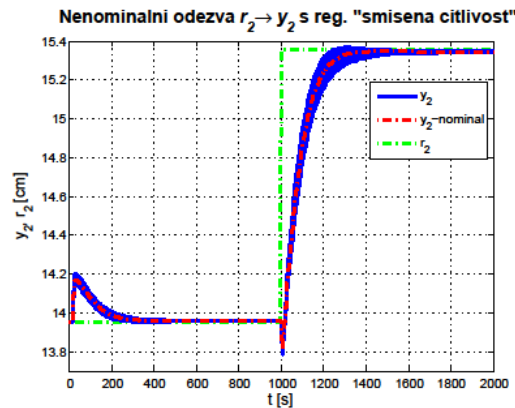
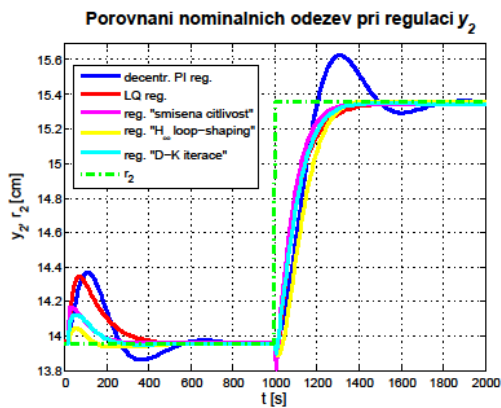
# Robustní řízení čtyřválcové vodárny

## Výsledky simulací

- Minimálně fázový systém



- Neminimálně fázový systém

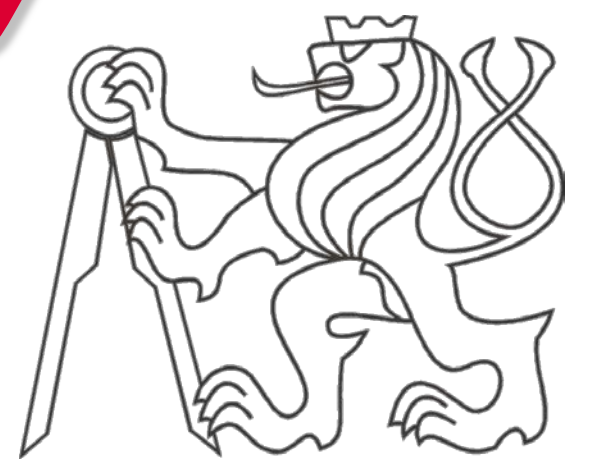






# Robustní řízení čtyřválcové vodárny

Autor: Bc. Václav Trnka (trnkavac@fel.cvut.cz)



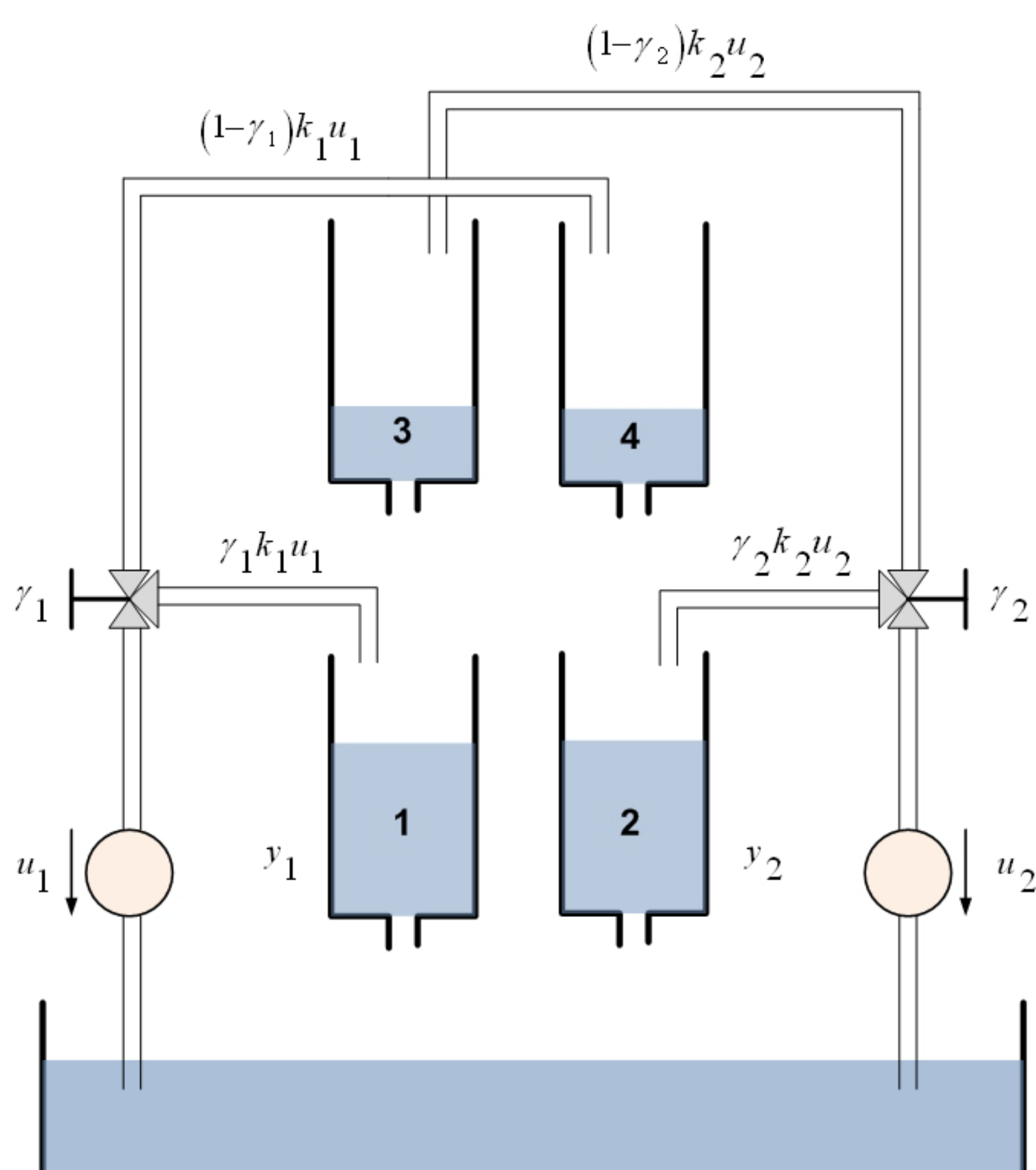
Vedoucí: Ing. Petr Hušek, Ph.D. (husek@fel.cvut.cz)

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá řízením lineárního matematického modelu čtyřválcové vodárny, který představuje systém se dvěma vstupy a dvěma výstupy (MIMO). Do modelu je zavedena neurčitost (perturbace), která odráží chování reálného systému. Cílem práce je navrhnout regulátory klasickými a pokročilými metodami a porovnat jejich vlastnosti. Je představeno  $H_\infty$ -řízení jako nástroj pro analýzu robustnosti a kvality řízení a také pro robustní (odolný vůči neurčitostem) návrh regulátorů. Tyto robustní metody (smíšená citlivost,  $H_\infty$  loop-shaping, D-K iterace), které v návrhu uvažují perturbovaný model, jsou porovnány s klasickými metodami - decentralizovaný PI regulátor a LQ regulátor, které uvažují v návrhu nominální model (bez neurčitosti). Pro porovnání se použije kromě časových průběhů i  $\mu$ -analýza, která ověřuje vliv neurčitosti na stabilitu a kvalitu řízení regulačního obvodu. Na konci práce jsou zhodnoceny výsledky a je určeno, který regulátor vykazoval nejlepší vlastnosti.

## Model čtyřválcové vodárny

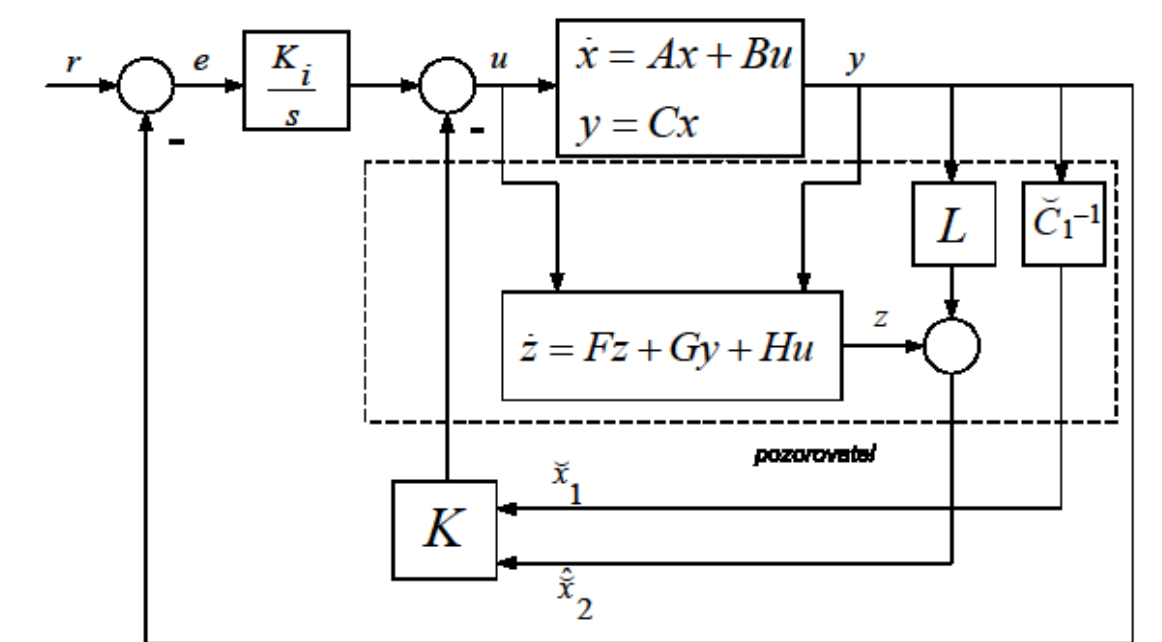
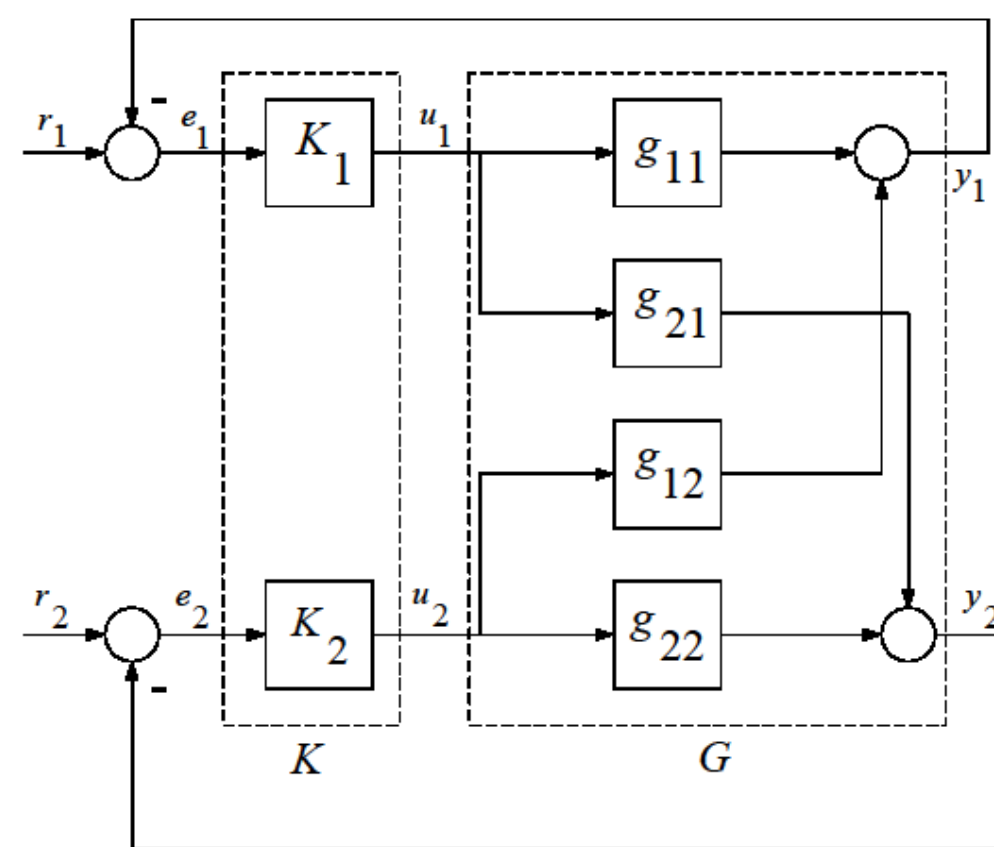
Vodárna má 4 válce vysoké 20 cm, které jsou propojeny podle obrázku. Do válců je čerpána voda pomocí 2 čerpadel přes poměrové ventily. Vstupy jsou napětí na čerpadlech a výstupy systému jsou výšky hladin v prvním a druhém válci. Systém je říditelný, pozorovatelný a nachází se v minimální realizaci. Zajímavá vlastnost je, že pomocí nastavení poměrových ventilů (konstant  $\gamma_1, \gamma_2$ ) lze přesunout nulu do nestabilní pravé poloroviny, a tím výrazně změnit chování systému (neminimální fáze). Jsou zvoleny dva pracovní body (minimálně fázový režim/neminimálně fázový režim), ve kterých je provedena linearizace. Uvažujeme parametrickou neurčitost  $\pm 5\%$  u konstant  $\gamma_1, \gamma_2, k_1, k_2$ .



## Návrh regulátorů

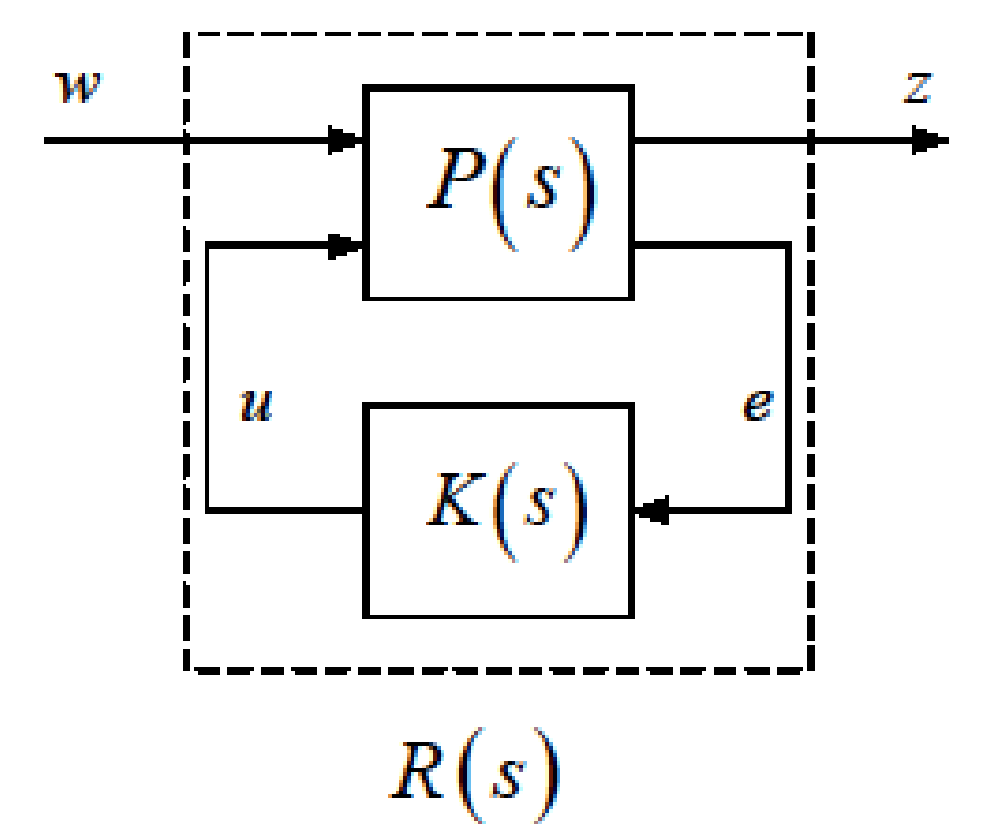
### •Klasické metody

- Decentralizovaný PI regulátor
- LQ regulátor s pozorovatelem



### • $H_\infty$ - řízení

- Smíšená citlivost
- $H_\infty$  loop-shaping
- D-K iterace

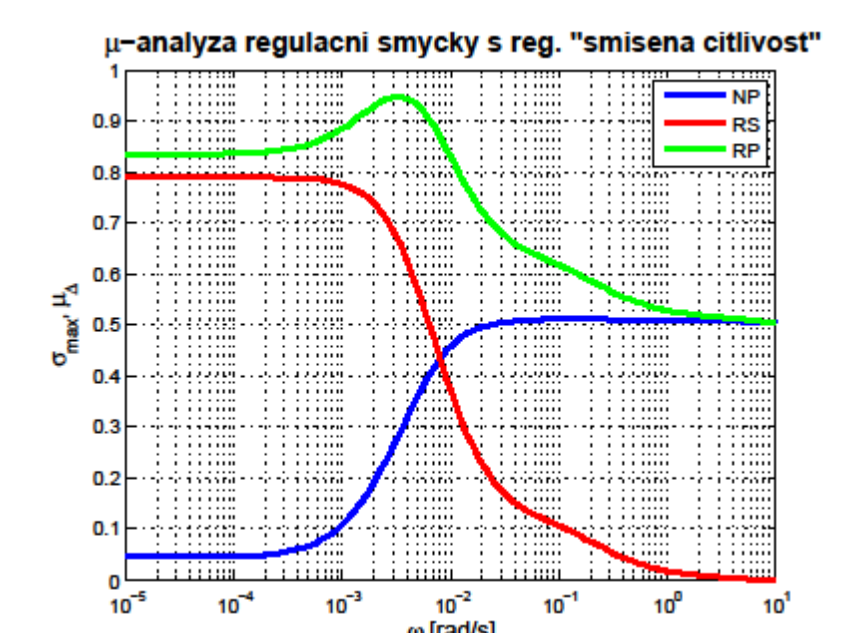


Základní úloha optimalizace:

$$\min_K \|R_{w \rightarrow z}\|_\infty$$

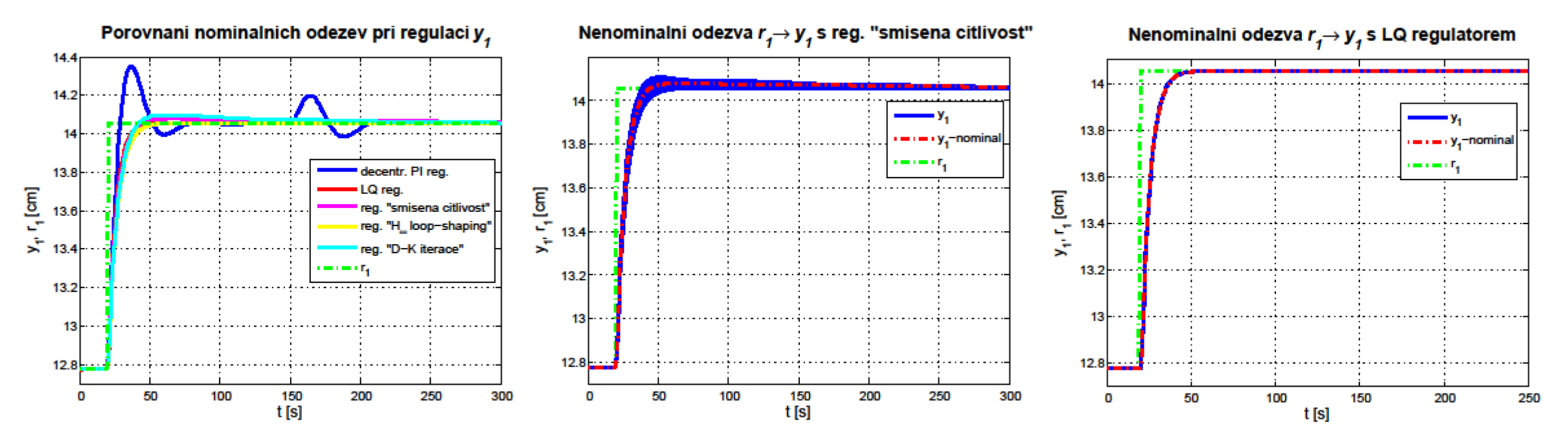
Požadavky na řízení (nominální kvalita řízení, robustní stabilita) splněny, pokud:

$$\|R_{w \rightarrow z}\|_\infty < 1$$



## Výsledky

### •Minimálně fázový systém



### •Neminimálně fázový systém

