

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

Regulace hydraulické soustavy prediktivním regulátorem

Ing. Martin Vejvar MBA,
PR marketing eXpert

MPC eXpert,
Scholtzova 951/13
252 42 Uhřetěves



20.12.2018

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- 1 Soustava
- 2 Identifikace
- 3 Regulátor
 - Predikční model
 - Regulační zákon
 - Kvadratické programování
 - Odchylový tvar
- 4 Testování
 - Simulace
 - Soustava
- 5 Závěr

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

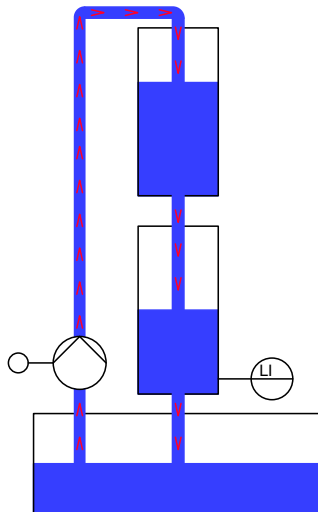
Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- kaskáda dvou nádrží
- čerpadlo na vstupu
- senzor hladiny
- soustava 2. řádu



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

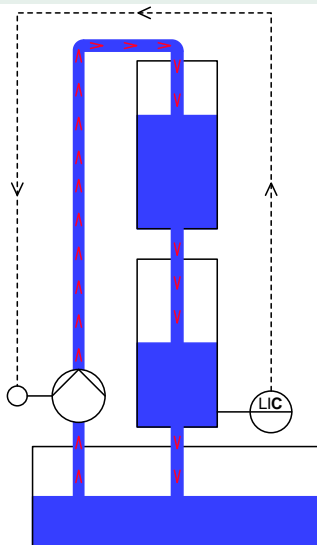
Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- kaskáda dvou nádrží
 - čerpadlo na vstupu
 - senzor hladiny
 - soustava 2. řádu
-
- cíl
 - regulace hladiny
 - prediktivní reg.



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

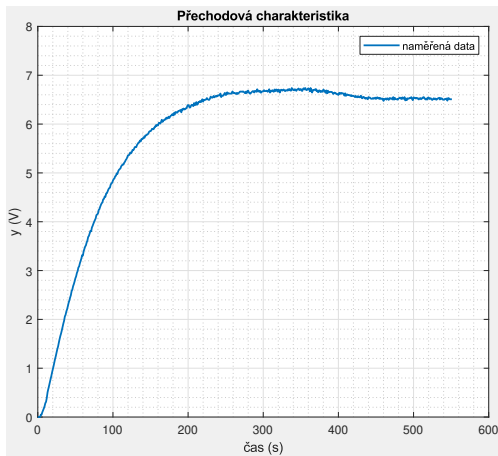
Testování

Simulace

Soustava

Závěr

● Přechodová charakteristika



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické

programování

Odchylový tvar

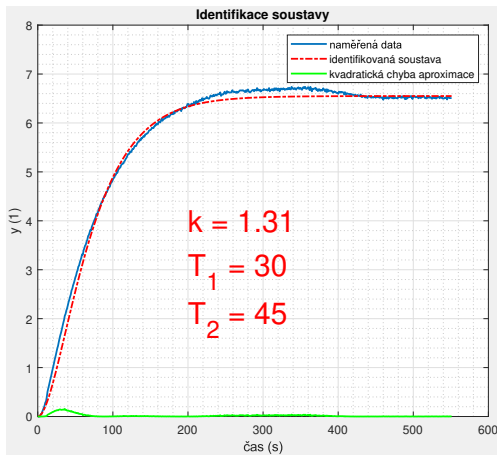
Testování

Simulace

Soustava

Závěr

● Strejцова metoda



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

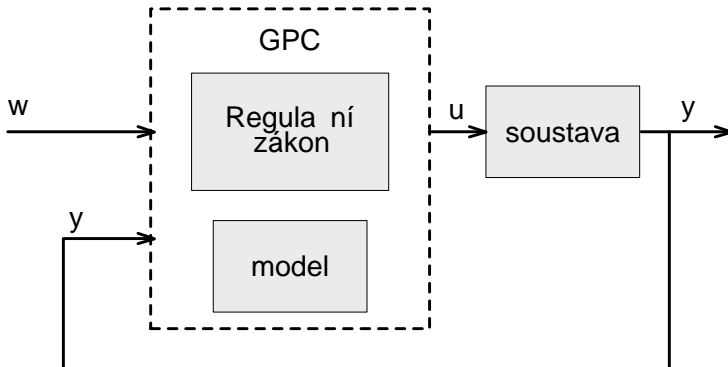
Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

● model soustavy

$$a_0 y_k + \dots + a_n y_{k-n} = b_0 u_k + \dots + b_m u_{k-m}$$

● predikční model

$$a_0 y_{k+1} + \dots + a_n y_{k+1-n} = b_0 u_{k+1} + \dots + b_m u_{k+1-m}$$

$$\vdots$$

$$a_0 y_{k+N} + \dots + a_n y_{k+N-n} = b_0 u_{k+N} + \dots + b_m u_{k+N-m}$$

● maticový zápis

$$AY = BU + \overline{BU} + \overline{AY}$$

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- maticový zápis

$$AY = BU + \overline{BU} + \overline{AY}$$

$$Y = \textcolor{red}{A}^{-1} \textcolor{blue}{B}U + [\textcolor{blue}{A}^{-1} \overline{B} \textcolor{blue}{A}^{-1} \overline{A}] \begin{bmatrix} \overline{U} \\ \overline{Y} \end{bmatrix}$$

$$y = \textcolor{red}{G}u + \textcolor{blue}{F}h$$

- G ... vázaná odezva
 - budoucí akční zásahy
- F ... volná odezva
 - historie akčních zásahů a výstupů

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- minimalizace účelové funkce

$$\begin{aligned} J &= e^T e + \lambda u^T u \\ &= (w - y)^T (w - y) + \lambda u^T u \\ &= (w - Gu - Fh)^T (w - Gu - Fh) + \lambda u^T u \\ &= u^T H u + 2j^T u + l \end{aligned}$$

- H ... koef. kvadratické části
- j ... koef. lineární části
- l ... absolutní členy (nemá vliv na optimalizaci)

- cíl

$$J(u) \rightarrow \min$$

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- numerická metoda
- optimalizační problém
- kvadratická účelová funkce

$$J = u^T H u + 2j^T u (+l)$$

- lineární omezující podmínky

$$a_1 u_1 + a_2 u_2 + \dots \leq c_1$$

$$b_1 u_1 + b_2 u_2 + \dots \leq c_2$$

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- integrační charakter
- obecná soustava

$$A(z^{-1})y(k) = B(z^{-1})u(k)$$

- převod na odchylový tvar

$$\overline{A}(z^{-1})\Delta y(k) = B(z^{-1})\Delta u(k)$$

$$\Delta = 1 - z^{-1}$$

- zahrnutí Δ do A

$$\overline{\overline{A}(z^{-1})}y(k) = B(z^{-1})\Delta u(k)$$

Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické

programování

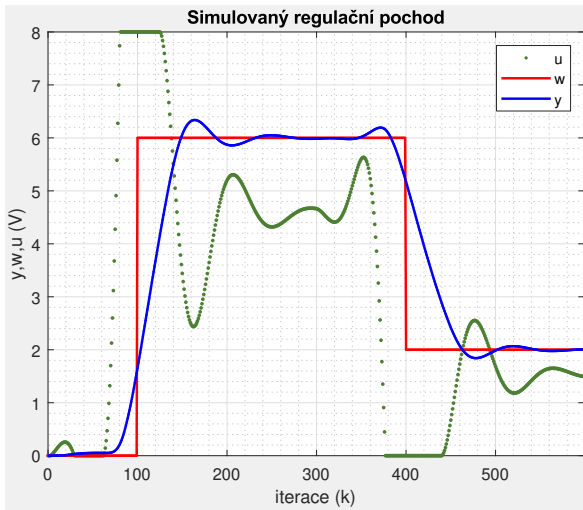
Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické
programování

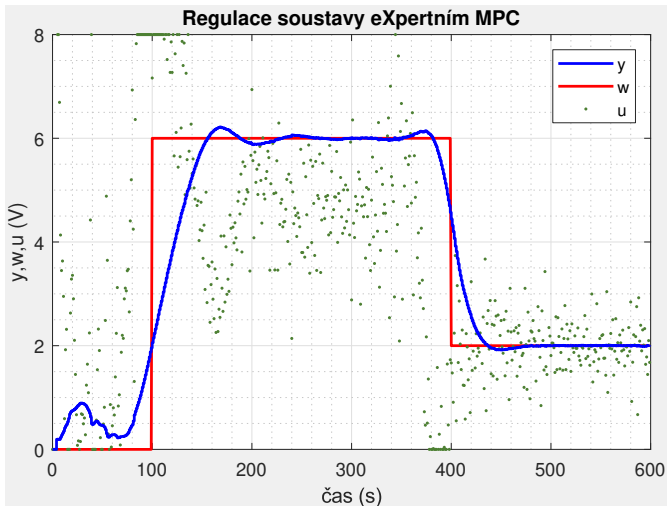
Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr



Soustava

Identifikace

Regulátor

Predikční model

Regulační zákon

Kvadratické

programování

Odchylový tvar

Testování

Simulace

Soustava

Závěr

- identifikace
 - Strejcova metoda

$$k = 1.31$$

$$T_1 = 30 \text{ s}$$

$$T_2 = 45 \text{ s}$$

- MPC regulátor typu GPC
 - integrační charakter
 - redukce šumu
- regulace hydraulické soustavy
 - zrychlení odezvy na řízení
 - úspora energie