

DOOSAN Škoda Power s. r. o.
a
Západočeská univerzita v Plzni

ŘÍZENÍ AERODYNAMICKÉHO TUNELU PRO KALIBRACI TLAKOVÝCH SOND

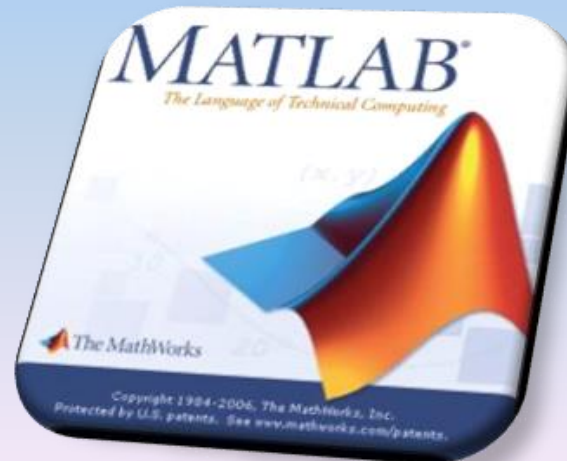
Autor práce:

Ing. Lukáš Kanta



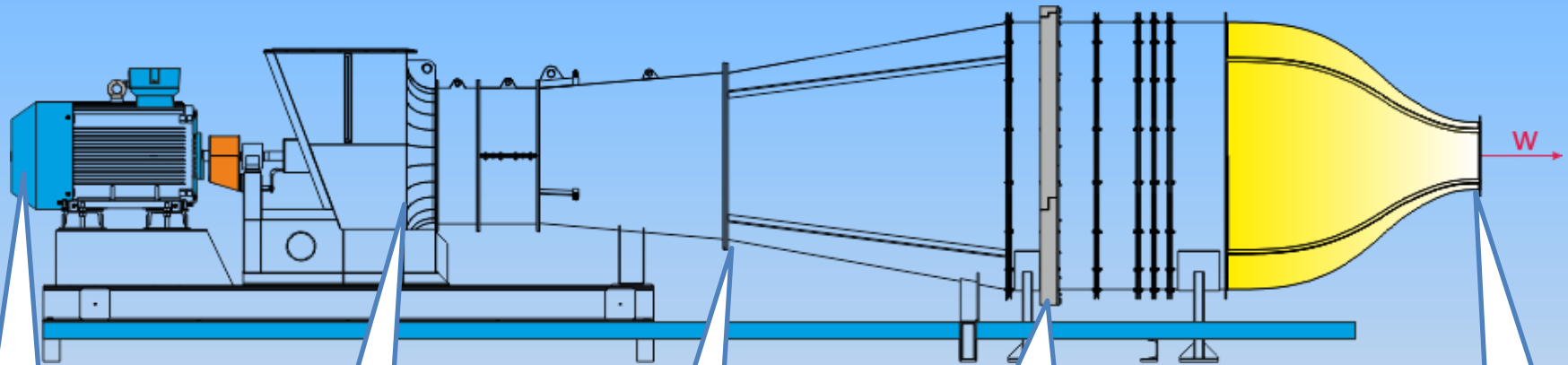
Obsah prezentace

1. Seznámení s aerodynamickým kalibračním tunelem
2. Analýza experimentálně naměřených dat
3. Identifikace modelu kalibračního tunelu
 - System Identification Toolbox v Matlabu
 - Rekurzivní metoda nejmenších čtverců s exp. zapomínáním
4. Návrh PID regulátoru
 - Metoda stabilizujících regulátorů (afinní parametrizace)
5. Závěr



1. Seznámení s aerodynamickým kalibračním tunelem

- Cílem je regulovat rychlost proudícího vzduchu na výstupu z kontrakční dýzy, aby bylo možné kalibrovat různé druhy tlakových sond používaných v praxi pro měření proudění páry v turbínách



Elektromotor

Ventilátor

Difuzor

Usměrňovač s
uklidňovacími sítmi

Kontrakční dýza

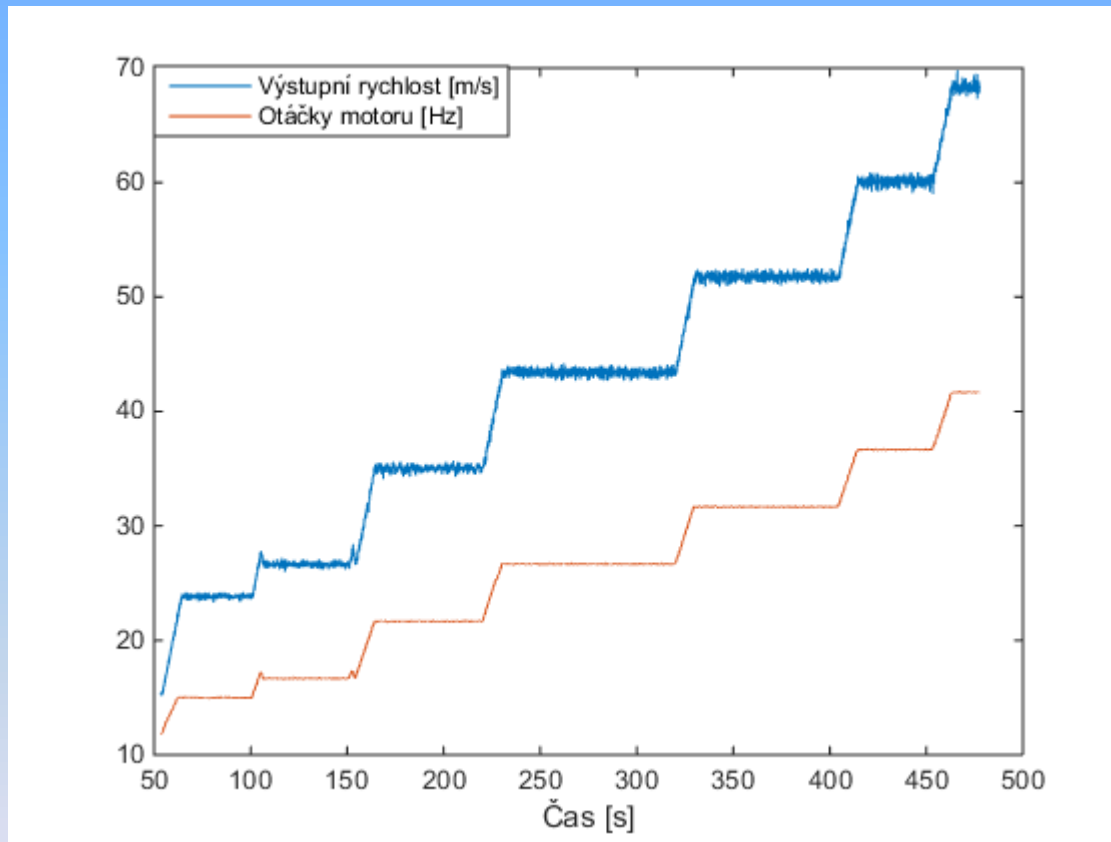
1. Seznámení s aerodynamickým kalibračním tunelem

- Kalibrační tunel umístěný v experimentální laboratoři Research & Development Center společnosti Doosan Škoda Power s. r. o. v Plzni



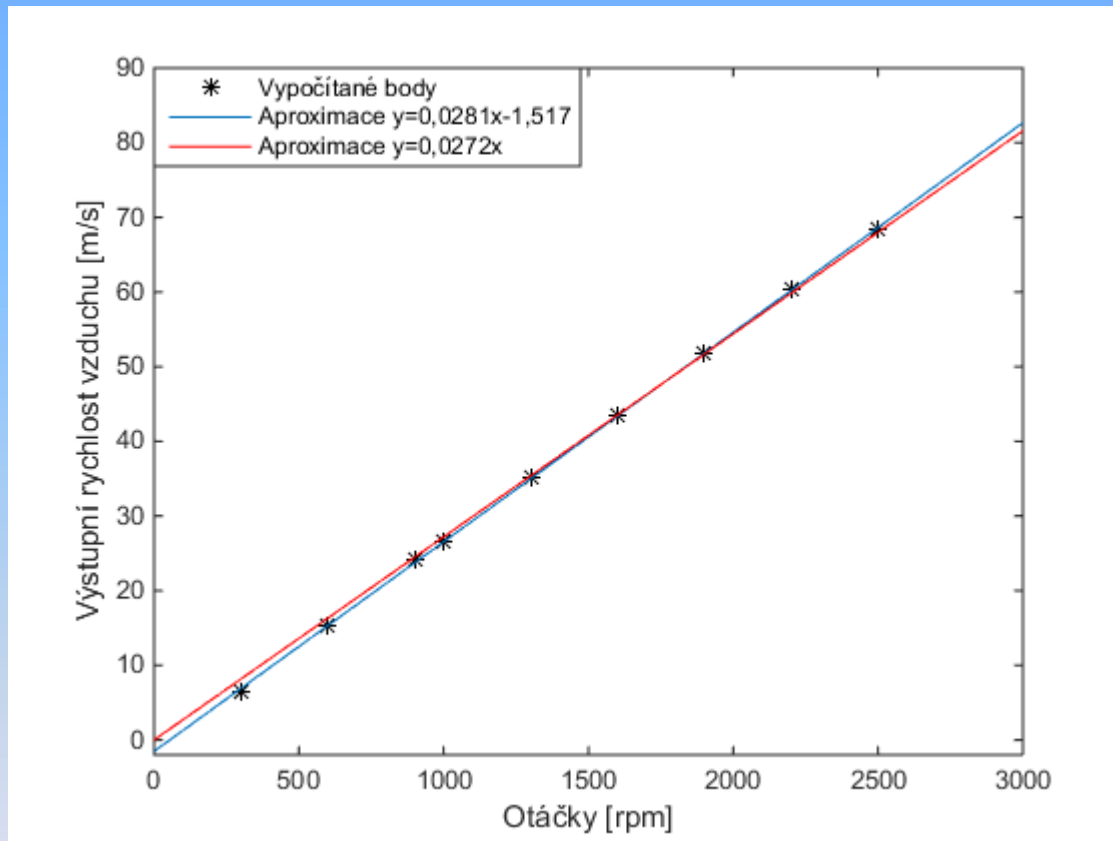
2. Analýza experimentálně naměřených dat

- Data naměřena při nájezdu elektromotoru kalibračního tunelu po zvolených hladinách výstupní rychlosti proudícího vzduchu z tunelu v manuálním režimu



2. Analýza experimentálně naměřených dat

- Testování linearity systému na základě experimentálně naměřených dat



Výpočet koeficientů lineární funkce proložené vypočítanými body pomocí příkazu

$$p = \text{polyfit}(x,y,n)$$

a následné vykreslení získané přímky pomocí příkazu

$$y = \text{polyval}(p,x)$$

3. Identifikace modelu kalibračního tunelu

➤ System Identification Toolbox v Matlabu

The screenshot shows the MATLAB System Identification Toolbox interface. The main workspace contains a 'Preprocess' dropdown menu and a 'Model kalibračního tunelu' plot. Below the workspace, there are 'Data Views' and 'Model Views' sections with various checkboxes for visualization options. A 'Validation Data' plot is also visible at the bottom right.

Identifikace diskrétního modelu systému s 1 nulou, 2 póly a s periodou vzorkování $T_s = 0,1s$.

Použití Tustinovy aproximace pro získání spojitého modelu kalibračního tunelu.

Výsledek identifikace:

$$F_{S_{IT}}(p) = \frac{0,8631}{p^2 + 7,197p + 31,42}$$

$$S_{IT} = \frac{\sum_{i=1}^N (v_{mer} - v_{ident})^2}{N} = 1,1727$$

3. Identifikace modelu kalibračního tunelu

- Rekurzivní metoda nejmenších čtverců (RMNČ)

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + L(t)\varepsilon(t)$$

$$\varepsilon(t) = y(t) - \varphi^T(t)\hat{\theta}(t-1)$$

$$L(t) = \frac{P(t-1)\varphi(t)}{1 + \varphi^T(t)P(t-1)\varphi(t)}$$

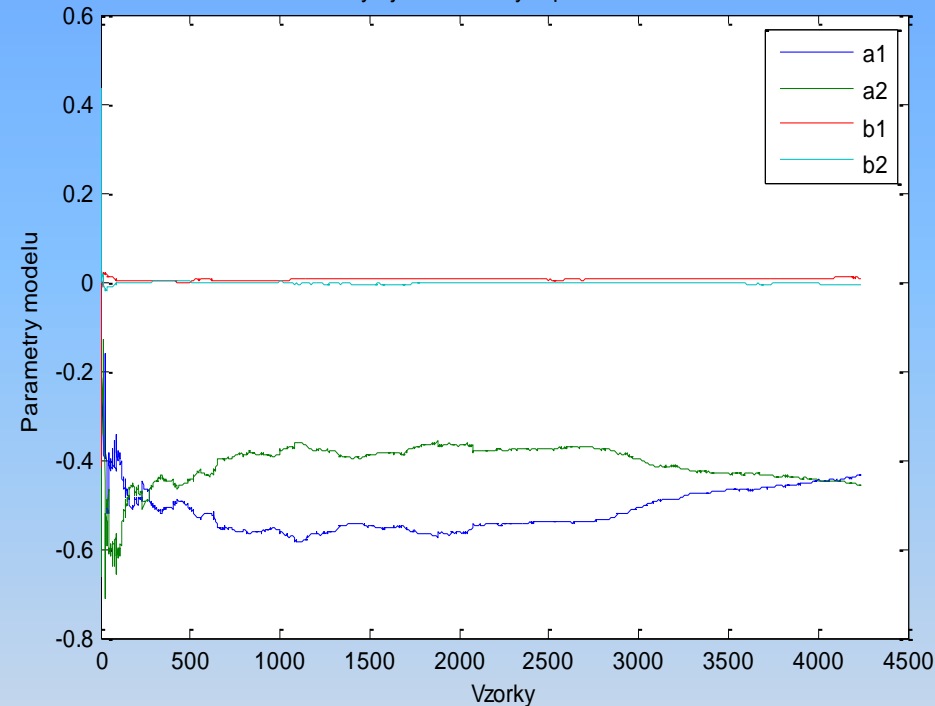
$$P(t) = P(t-1) - \frac{P(t-1)\varphi(t)\varphi^T(t)P(t-1)}{1 + \varphi^T(t)P(t-1)\varphi(t)}$$

Výsledek identifikace:

$$F_{S_{RMNČ}}(\mathbf{p}) = \frac{1,234}{p^2 + 60,06p + 45,37}$$

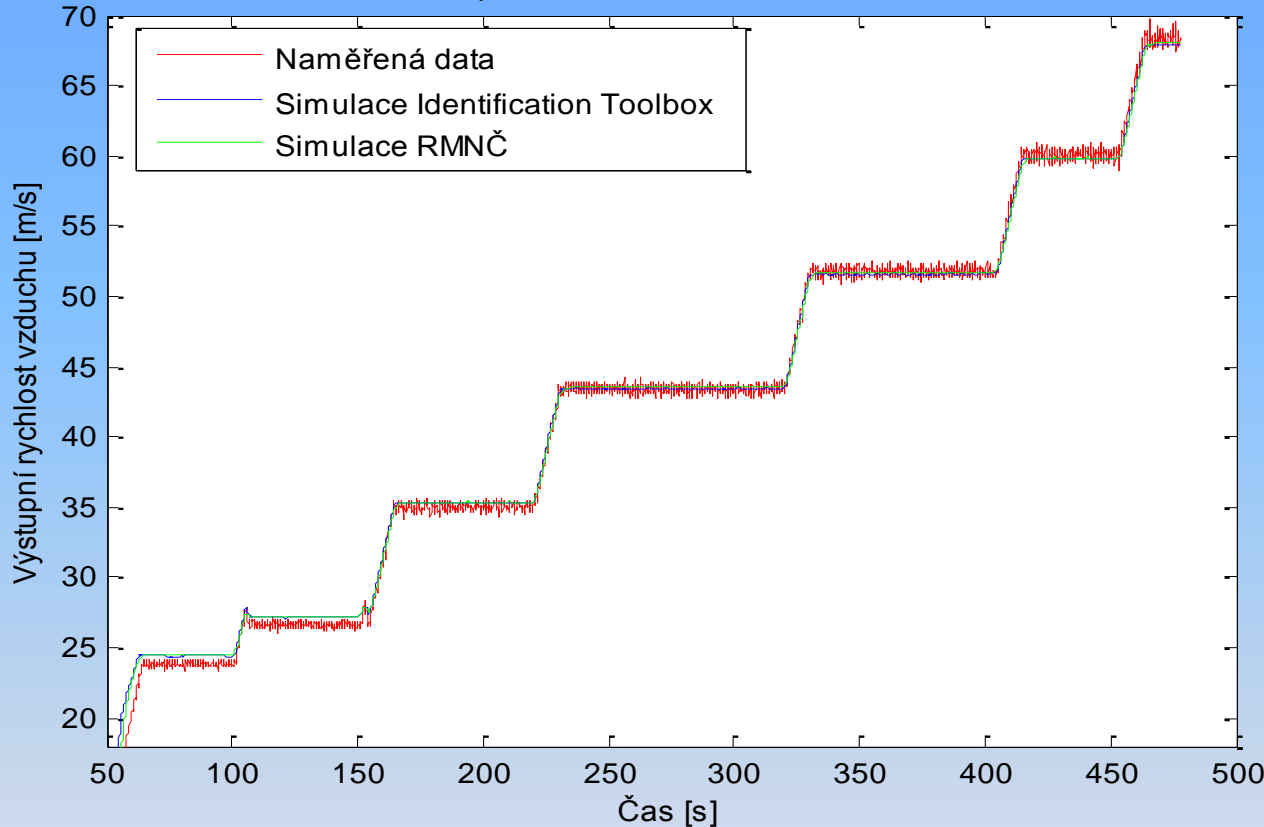
$$S_{RMNČ} = \frac{\sum_{i=1}^N (v_{mer} - v_{ident})^2}{N} = 0,4031$$

Vývoj odhadovaných parametrů



3. Identifikace modelu kalibračního tunelu

- Srovnání výsledků získaných pomocí zvolených identifikačních metod



Simulace dat na základě identifikovaných modelů systému byla provedena pomocí příkazu

$$y = lsim(sys,u,t)$$

- Na základě srovnání středních kvadratických chyb obou metod byl pro následný návrh regulátoru vybrán model $F_{S_{RMNČ}}(p)$

4. Návrh PID regulátoru

➤ Metoda stabilizujících regulátorů (afinní parametrizace)

- doba regulace $T_{reg} = 30s$

$$F_{S_{RMN\check{C}}}(p) = \frac{0,07188}{p^2 + 8,024p + 2,611}$$

- přenos uzavřeného systému

$$F_{yw}(p) = \frac{1}{29,83p + 1}$$

- získaný PID regulátor

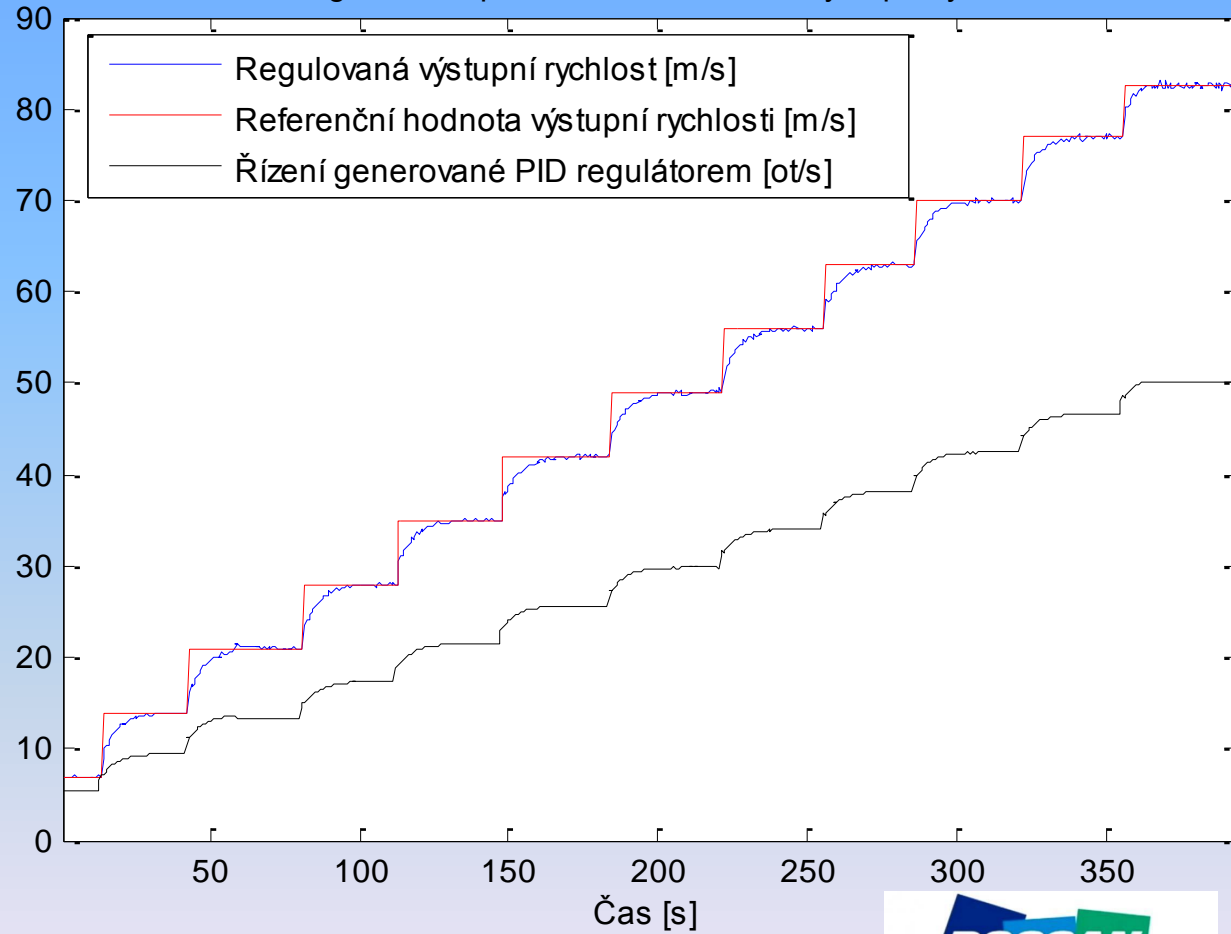
$$F_R(p) = K + \frac{K_I}{p} + K_D p$$

$$K = 22,4533$$

$$K_i = 7,3063$$

$$K_d = 2,7983$$

PID regulace na požadovanou hodnotu výstupní rychlosti



5. Závěr

Pro navržení vhodného způsobu řízení výstupní rychlosti vzduchu z aerodynamického kalibračního tunelu bylo tedy třeba provést následující kroky:

- Ověření linearity systému na základě experimentálně naměřených dat
- Identifikace modelu systému aerodynamického kalibračního tunelu
- Návrh parametrů PID regulátoru pomocí metody stabilizujících regulátorů
- Otestování navrženého PID regulátoru při řízení výstupní rychlosti vzduchu z tunelu

Děkuji Vám za pozornost