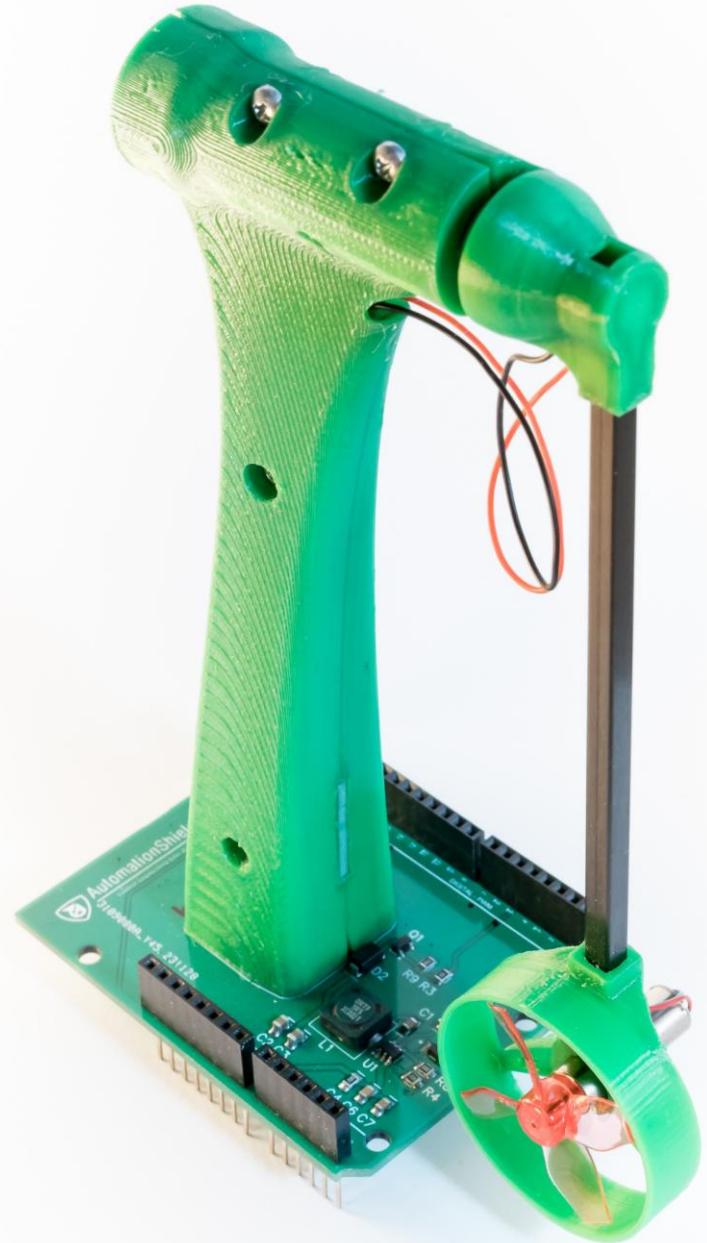


Syntéza systému riadenia

Diplomový projekt 1

autor: Bc. Radovan Jakubčík

školiteľ: Ing. Marián Tárník, PhD.



Obsah

1. Úvod do problematiky
2. Analýza systému
3. Modelovanie systému
4. Modelovanie trení
5. Návrh systému riadenia
6. Následná práca

Úvod do problematiky

1. Detailne analyzovať daný systém
2. Modelovanie systému
3. Návrh riadiaceho systému
4. Simulácia priebehu riadenia systému
5. Implementácia navrhnutého riadiaceho systému v zmysle mikropočítačov

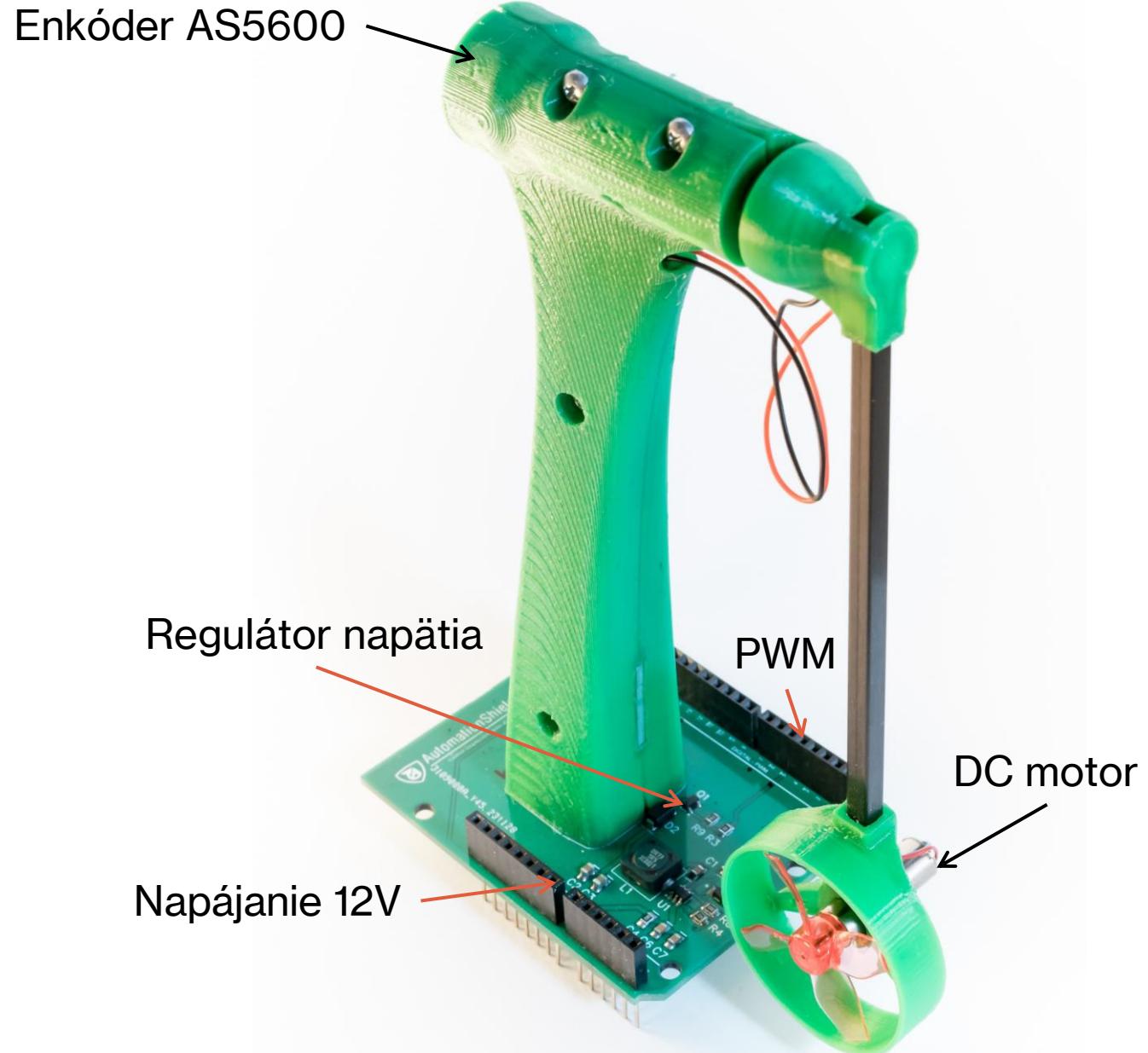
The objective of this diploma thesis is to design a comprehensive control system for a selected laboratory device representing a physical model of a dynamic system. The work will employ advanced methods of automatic control, with a particular focus on robust and adaptive control techniques.

Tasks:

1. Provide a detailed description of the selected technical device or process from the perspective of systems modeling and control. Define the input and output variables, characterize its static and dynamic properties, and assess the possibilities for its mathematical modeling.
2. Review and describe the control methods and algorithms that will be applied in the design of the control system.
3. Using simulation and analytical tools, demonstrate sample control results, including a relevant evaluation of control performance.
4. Address the practical aspects of implementing the proposed control algorithm using embedded microcontroller systems or programmable logic controllers (PLCs).
5. Evaluate the achieved results and prepare a written thesis documenting the solution of the assigned tasks.

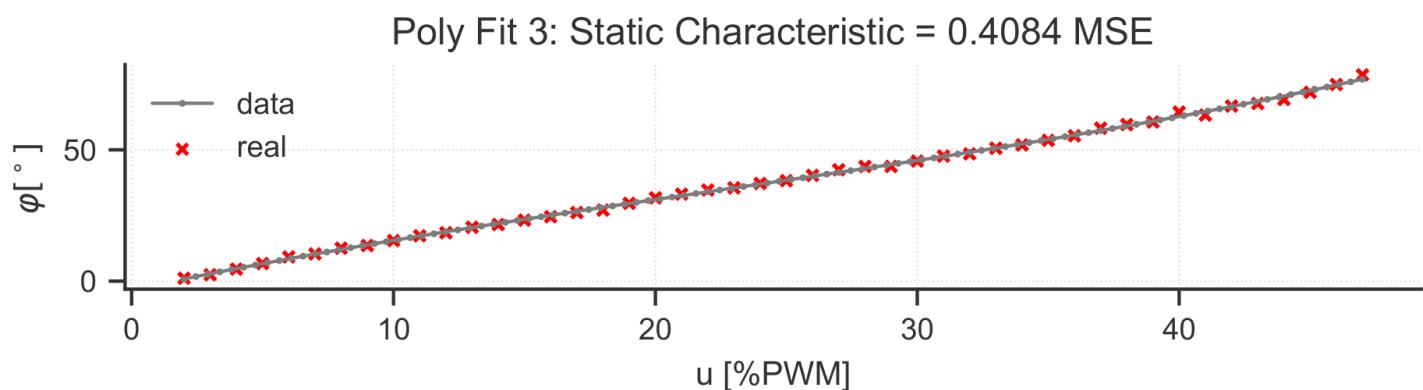
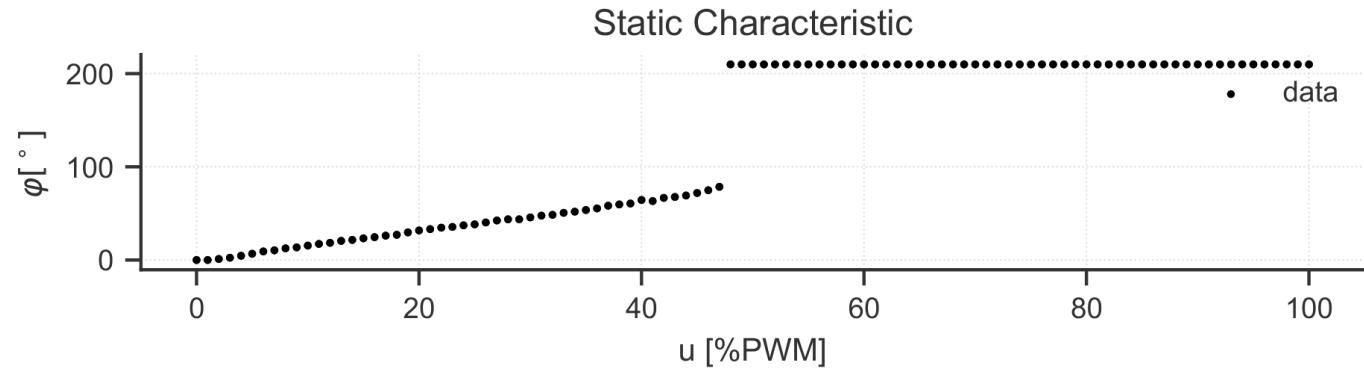
Analýza systému

- Systém vstupy-výstupy:
 - 1 vstup: 0 – 100 [%PWM]
 - 1 výstup: -60 – 210 [°]
- Rotačný magnetický enkóder AS5600 (I2C)
- Jednosmerný motor s cudzím budením 0~3.6V
- Arduino UNO R3
- Jednosmerné napájanie 12V



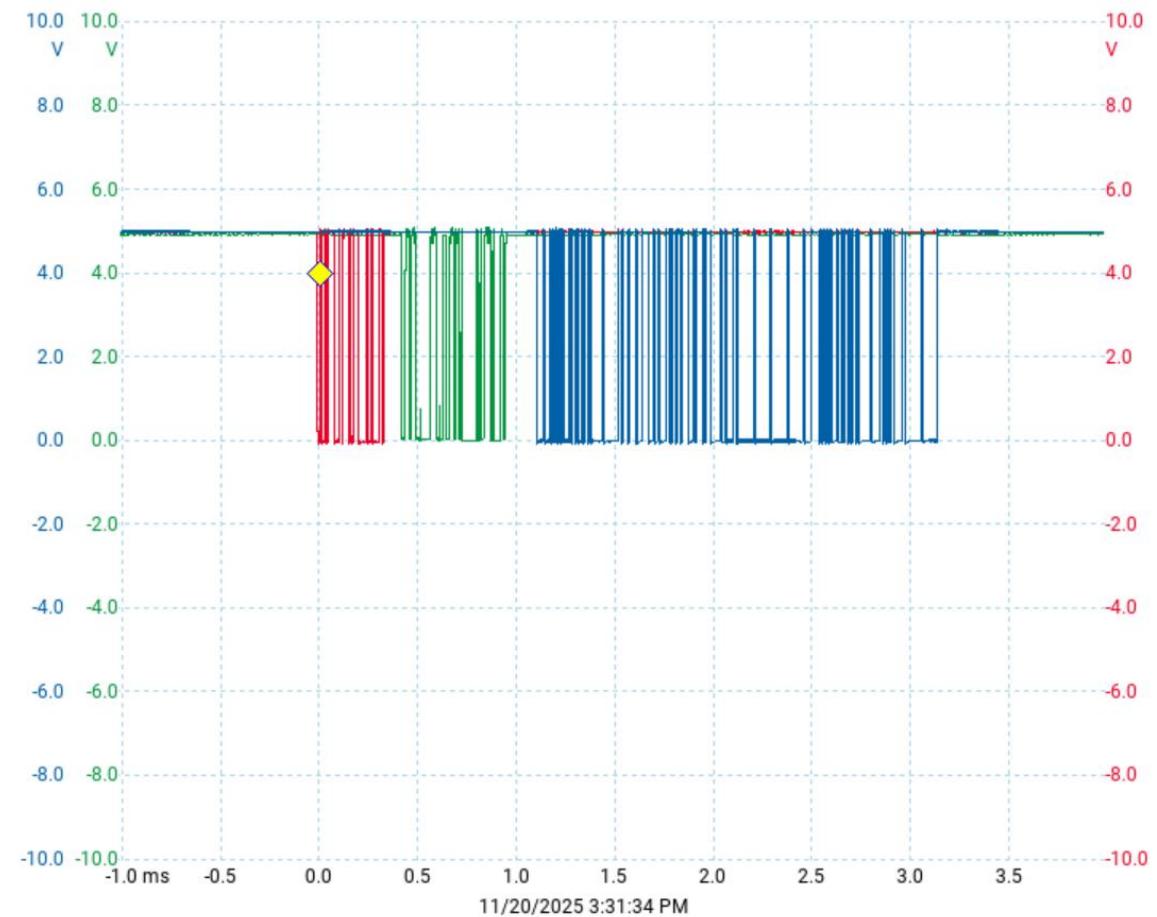
Statická charakteristika

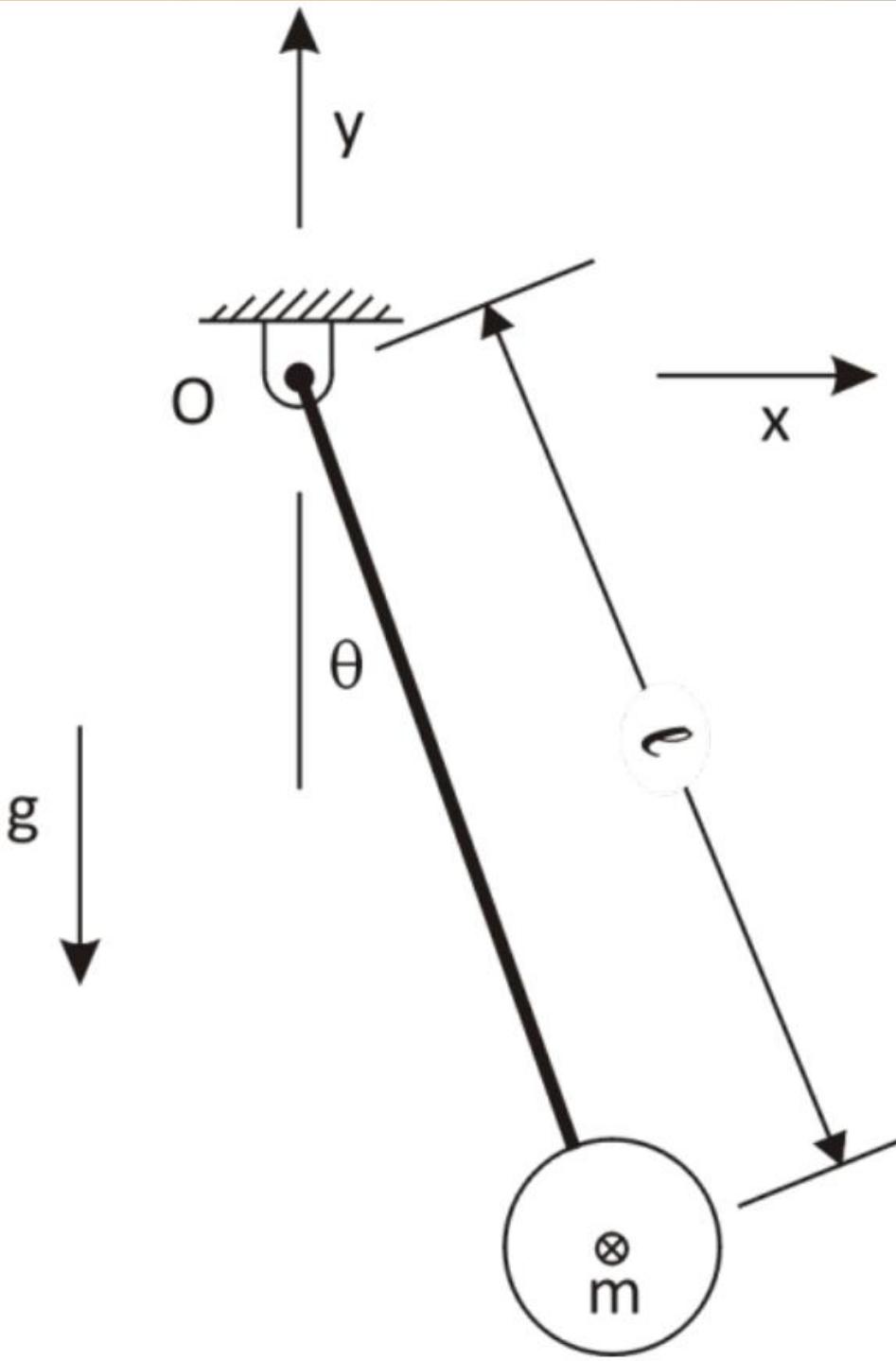
- Meranie statickej charakteristiky
- Agregácia meraní
- Spriemerované merania do jedného priebehu
- Odčítaním hodnôt v ustálenom stave dostaneme hľadanú statickú charakteristiku
- Nájdenie vhodného polynomiálneho modelu



Analýza systému (komunikácia)

- Sériová linka (USB)
- Baud rate: 250 000 bps
- Periódna vzorkovanie: 20 ~ 200 ms
- Synchronizácia komunikácie pomocou MATLAB-u
- **MATLAB akčný zásah**
- AS5600 I2C čítanie polohy kyvadla
- Výstupné hodnoty posielane späť do MATLAB-u

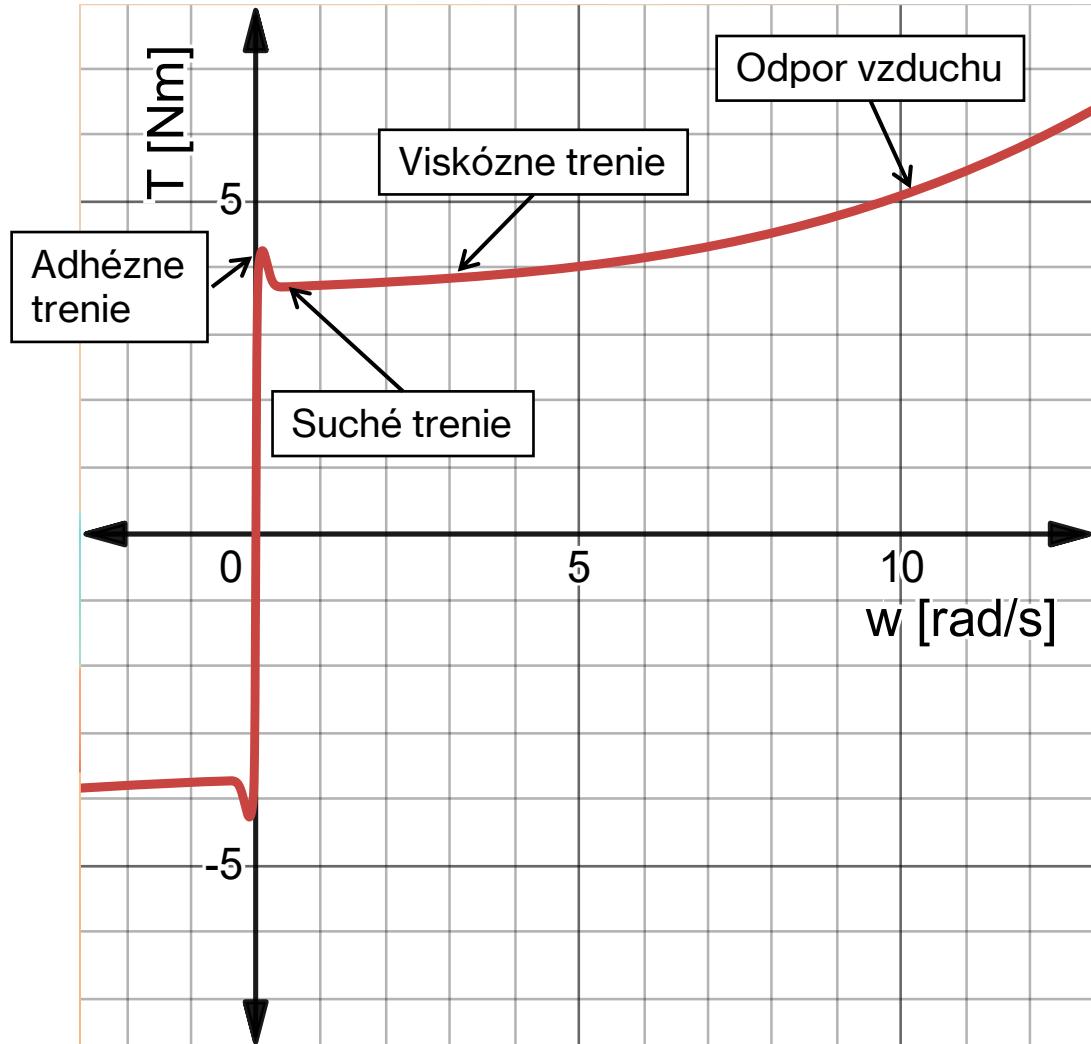




Modelovanie systému

- Modelujeme pomocou Lagrangeovej mechaniky
- Lagrangian
 - $L = T - V$
- Langrangeova rovnica
 - $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i$
- Výsledný dynamický model systému
 - $\ddot{\varphi}(t) = k_1 \tau_m(t) - k_2 \tau_s(t) - k_3 \sin(\varphi(t))$
 - τ_m – moment motora
 - τ_s – momenty všetkých trení
 - $\varphi(t)$ – výstupná veličina
 - $k_{1..3}$ – identifikované konštanty

Modelovanie trení



1. Suché trenie

$$\bullet \quad \tau_{coulomb} = -\tau_c \tanh\left(h_c \frac{\phi}{\varphi_{dry}}\right)$$

2. Viskózne trenie

$$\bullet \quad \tau_{viscous} = -\beta \dot{\phi}$$

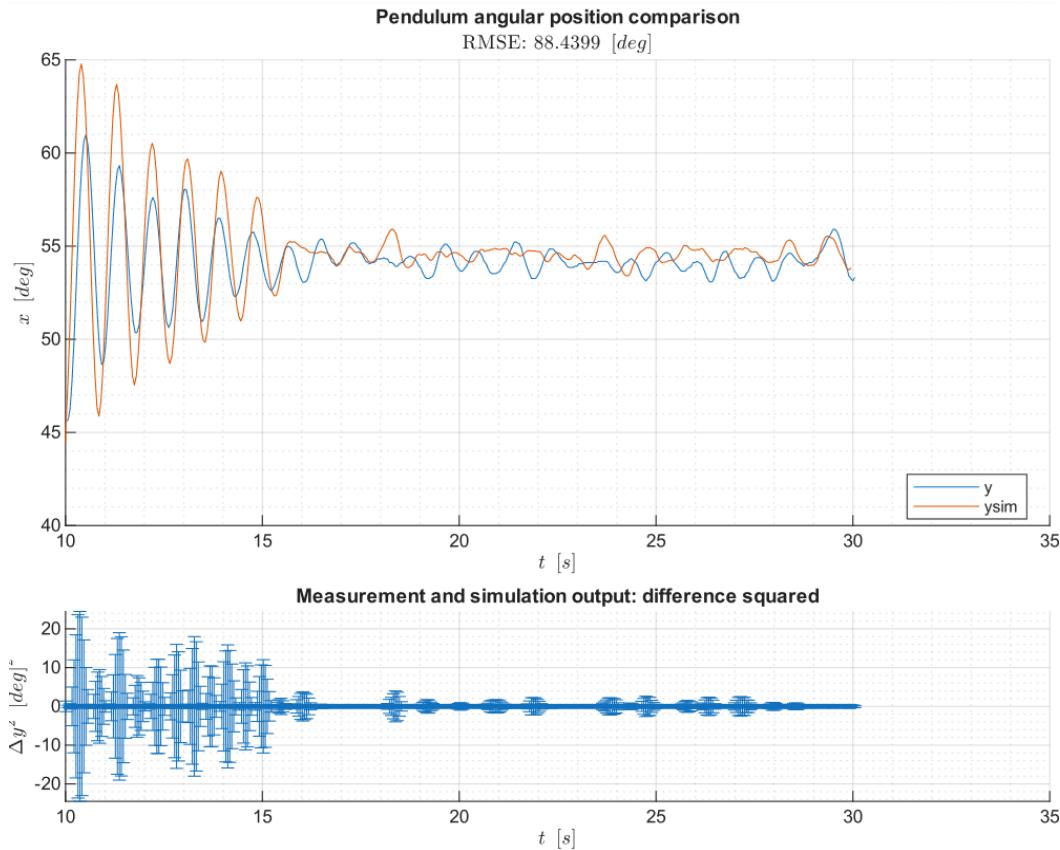
3. Adhézne trenie

$$\bullet \quad \tau_{sticky} = -k_s \exp\left(-\left[\frac{\dot{\phi}}{\dot{\phi}_S}\right]^2\right) \frac{\dot{\phi}}{\dot{\phi}_S}$$

4. Odpor vzduchu

$$\bullet \quad \tau_{air} = -k_a \dot{\phi}^2 \tanh(k_r \dot{\phi})$$

Simulácia modelu a porovnanie



- Porovnanie pomocou skokovej zmeny akčného zásahu:
 - u_{PB} z 30% na 35%
- Nelineárny stavový model
- Identifikované kovariančné matice šumu
- Nemodelovaná dynamika vrtule

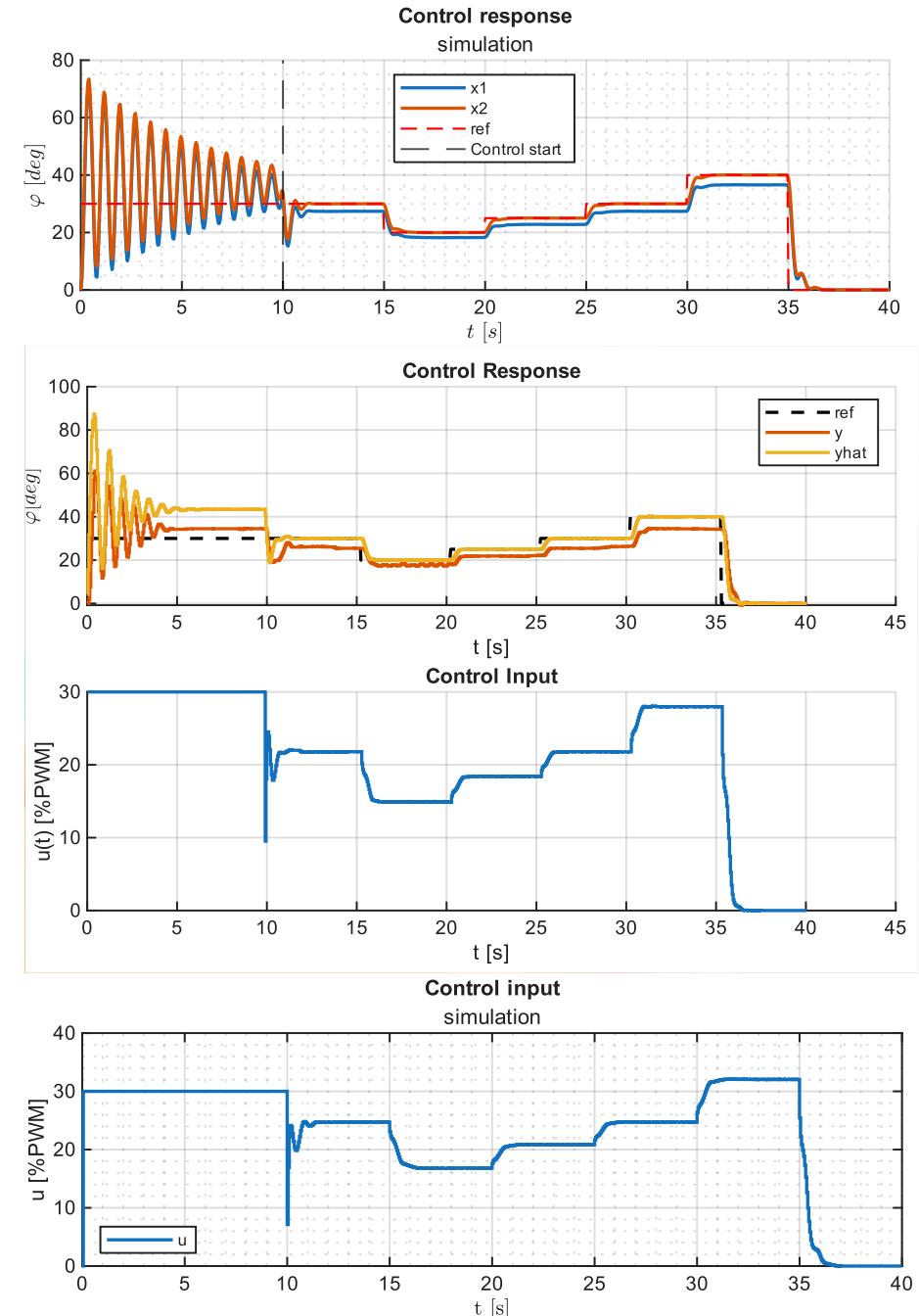
Návrh systému riadenia

- LQR + integračný člen
- Nelineárny model simulovaný aj s vplyvom šumu

- Váhovacie matice:

- $\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \end{bmatrix}$
- $\mathbf{R} = [0.1]$

- Bez iteratívnej linearizácie matíc A, B, C a výpočtu diskrétnej Riccatiho rovnice
- x_1 – simulovaný výstup modelu
- x_2 – odhadovaný výstup modelu rozšíreným Kalmanovým filtrom
- Riadenie pracuje až po ubehnutí 10 sekúnd merania a simulácie



Budúca práca

- Aplikácia optimalizačných algoritmov na identifikáciu nelineárnych parametrov modelu pomocou prechodových dejov
- Modelovanie dynamiky vrtule
- Domodelovanie fyzických obmedzení systému, ako sú dorazy kyvadla
- Overenie pozorovateľnosti a riaditeľnosti
- Pokus o riadenie v nestabilnej oblasti
- Implementácia nelineárneho MPC namiesto LQR + I
- Implementácia riadenia na mikropočítači

**Ďakujem za
pozornosť**

Otázky?