

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**MOSTOVÝ ŽERIAV**  
**ZADANIE**

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
<b>1 Úlohy</b>	<b>2</b>
1.1 Parametre modelu . . . . .	2
<b>2 Riešenie</b>	<b>3</b>
<b>3 Identifikácia</b>	<b>4</b>
3.1 Identifikácia motora . . . . .	4
3.2 Identifikácia kyvadla . . . . .	5
<b>4 Simulácia</b>	<b>6</b>
<b>5 Odhad parametrov</b>	<b>7</b>
5.1 Grafy . . . . .	7
<b>6 Merania</b>	<b>10</b>
<b>Záver</b>	<b>13</b>
<b>Zoznam použitej literatúry</b>	<b>14</b>

# Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 3.1	Identifikácia motora pomocou fminsearch . . . . .	4
Obrázok 3.2	Identifikácia kyvadla pomocou fminsearch . . . . .	5
Obrázok 4.1	Schéma zapojenia systému . . . . .	6
Obrázok 5.1	Simulačná poloha motora . . . . .	7
Obrázok 5.2	Simulačná poloha častí žeriavu . . . . .	8
Obrázok 5.3	Simulácia akčného zásahu motora . . . . .	8
Obrázok 5.4	Výchylka závažia žeriavu po X osi . . . . .	9
Obrázok 5.5	Výchylka závažia žeriavu po Y osi . . . . .	9
Obrázok 6.1	Reálna poloha častí žeriavu . . . . .	10
Obrázok 6.2	Výchylka závažia žeriavu po X osi . . . . .	11
Obrázok 6.3	Výchylka závažia žeriavu po Y osi . . . . .	11
Obrázok 6.4	Výchylka závažia žeriavu . . . . .	12
Obrázok 6.5	Napätie motorov žeriavu . . . . .	12

# Úvod

Navrhňte matematický model kyvadla na pojazde a k nemu navrhňte riadiaci systém polohy konca kyvadla. Identifikujte reálny žeriav a vytvorte jeho model. Navrhňte riadiaci systém pre presné polohovanie bremena. Simulačne aj na reálnom žeriave overte vlastnosti navrhnutého riešenia.

# 1 Úlohy

Vypracujte písomný referát, ktorý má obsahovať:

1. Identifikácia reálnej sústavy žeriava z nameraných údajov.
  2. Simulačný model získaný z identifikácie.
  3. Návrh vybranej riadiacej štruktúry polohy bremena žeriavu a overenie na simulačnom modeli.
  4. Simulačné overenie kvality riadenia pre navrhnutý typ regulátora pomocou trajektórie štvorec ABCD, kde  $A[0.1, 0.1]$ ,  $B[0.3, 0.1]$ ,  $C[0.3, 0.3]$ ,  $D[0.1, 0.3]$  [m]. Čas celkového polohovania: < 1 minúta.
1. Rovnaký experiment realizujte na reálnom zariadení.
  2. Simulačne aj na reálnom systéme overte vplyv poruchy (úder rukou do bremena, vplyv ventilátora).
  3. Vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov.
  4. Použitú literatúru.

## 1.1 Parametre modelu

Žeriav pozostáva z polohovacieho mechanizmu, z výkonovej jednotky, jednosmerného motora s prevodovkou, IRC snímača polohy pojazdu a snímača výchylky kyvadla.

Mechanické obmedzenie polohovacieho mechanizmu v osi X:  $\langle 0, 0.499\text{m} \rangle$

Mechanické obmedzenie polohovacieho mechanizmu v osi Y:  $\langle 0, 0.629\text{m} \rangle$

Signál vstupujúci do meniča z PC (matlab schémy):  $u(t) = \langle -1, 1 \rangle$ . Tento signál predstavuje vstupný moment pre generátor momentu. Pre riadiacu premennú platí rozsah:  $u(t) \in \langle -1, 1 \rangle$ .

Rozlišovacia schopnosť IRC snímača výchylky bremena:  $15\text{e-}4$  [rad]

Rozlišovacia schopnosť IRC snímača polohy vozíka:  $5.8157\text{e-}5$  [m]

Periódá vzorkovania:  $T_{vz} = 10$  ms.

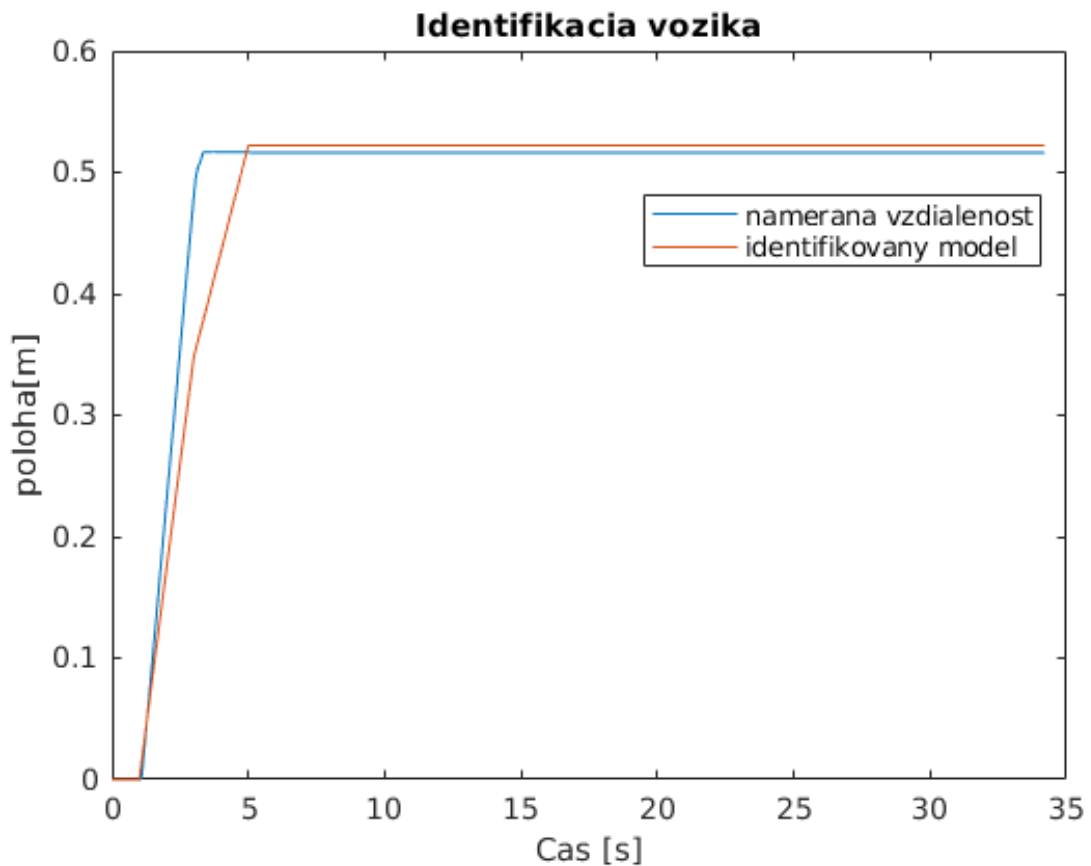
## 2 Riešenie

Na reálnom zariadení sme na motor priviedli 80% napätia na 2 sekundy potom sme ho znížili na 40% na ďalšie 2 sekundy. Meranie trvalo približne 35 sekúnd. Z nameraných dát sme postupne identifikovali žeriav a kyvadlo. Po identifikovaní nasledoval výber správneho typu regulátora. Prvotne sme zvolili P regulátor polohy motora, ktorý po nájdení správnych parametrov pomocou genetického algoritmu, mal trvalú regulačnú odchýlku a neustálil sa na žiadanej hodnote ale o približne 1cm ďalej. Preto po tomto experimente sme zvolili regulátor PI pre polohu motora a P regulátor polohy závažia. S touto schémou sme pracovali do konca. Zhodnotili sme simulačné hodnoty a porovnali ich s reálnym zariadením.

### 3 Identifikácia

Systém sme identifikovali pomocou iteračného algoritmu fminsearch, ktorý pracuje s počiatočným odhadom a pomaly mení hodnoty. Algoritmus sa využíva na minimalizáciu odchýlky funkcie. Táto funkcia využíva metódu Simplex Search, čo je iteratívny algoritmus, ktorý postupne zlepšuje svoje odhady pre lokálne minimum funkcie. [1]

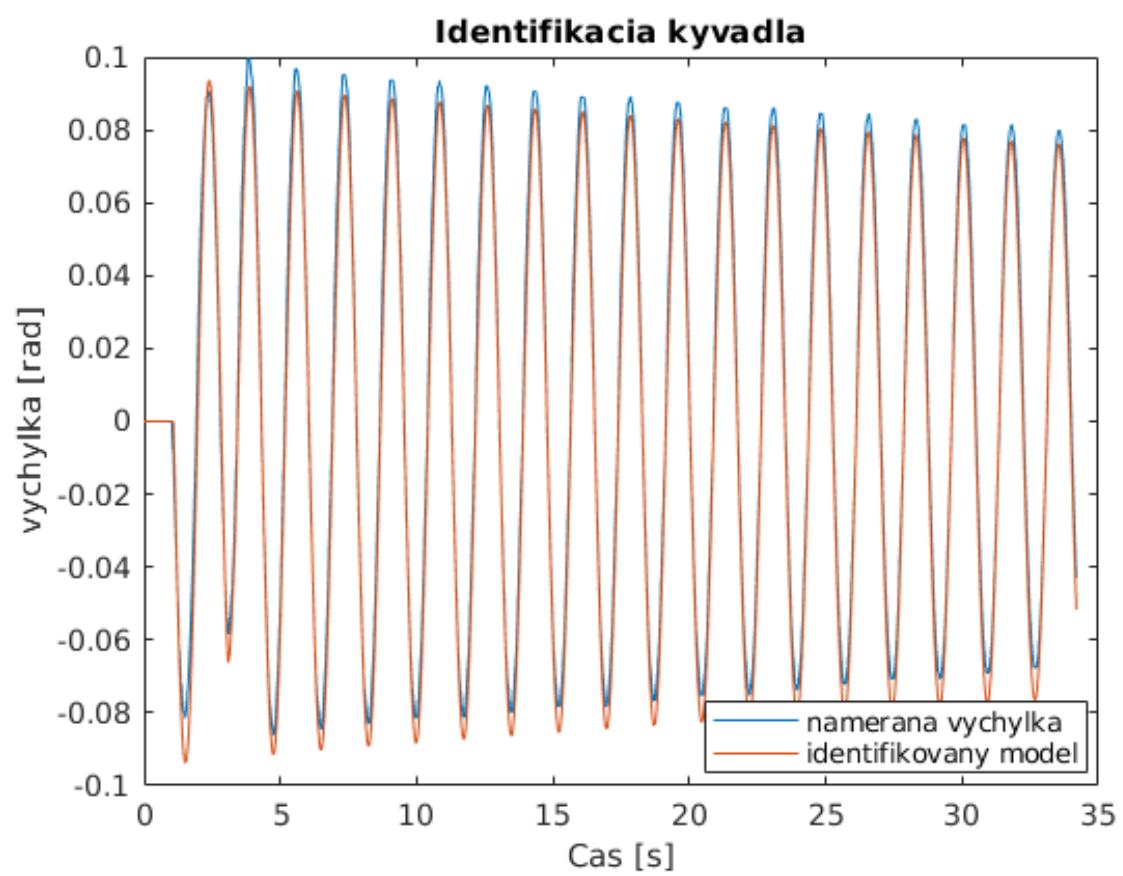
#### 3.1 Identifikácia motora



Obr. 3.1: Identifikácia motora pomocou fminsearch

$$F = \frac{0.2176}{2.81 * 10^{-5} s^2 + s} \quad (3.1)$$

### 3.2 Identifikácia kyvadla



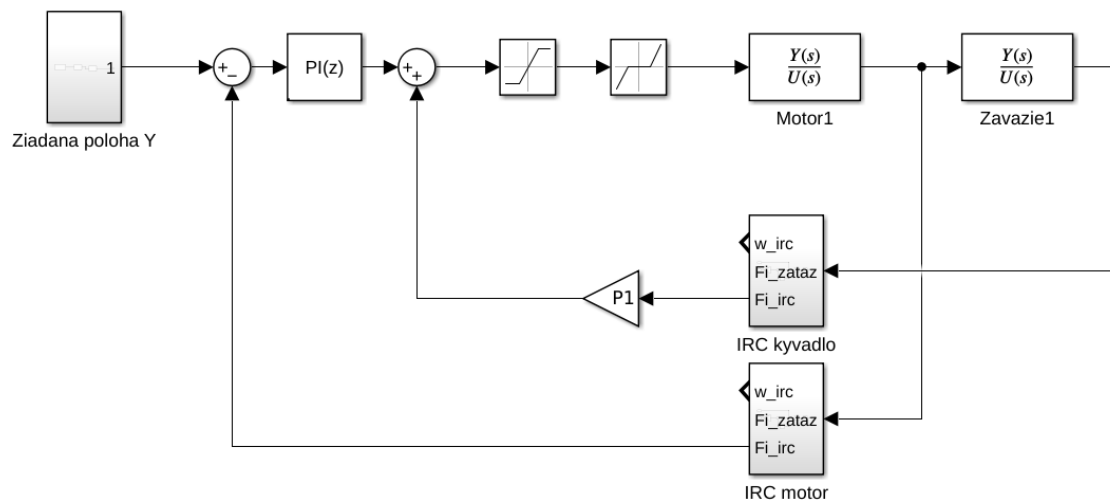
Obr. 3.2: Identifikácia kyvadla pomocou fminsearch

$$F = \frac{-1.371s^2}{s^2 + 0.01254s + 12.96} \quad (3.2)$$



## 4 Simulácia

V simulinku sme si navrhli štruktúru žeriavu a zvolili sme si PI regulátor polohy vozíka a P regulátor polohy závažia. Použili sme bloky saturácie, ktorú sme nastavili na  $[-1 \ 1]$  ako maximálne možné napätie ktoré môžeme priviesť na motor a blok Dead zone, ktorý sme nastavili na  $[-0.2 \ 0.2]$ , čo nám zabráňovalo v simulácii obmedzoval akčný zásah ak bol v danom rozsahu nastavil akčný zásah na 0 inak odčítal hodnotu akčného zásahu z regulátora o nastavený limit. Použili sme bloky IRC snímačov, kde sme nastavili rozlíšenie. Motor a závažie sú prenosové funkcie, ktoré sme získali z identifikácie. Žiadanú polohu sme si zvolili aby nám žeriav vykreslil štvorec.



Obr. 4.1: Schéma zapojenia systému

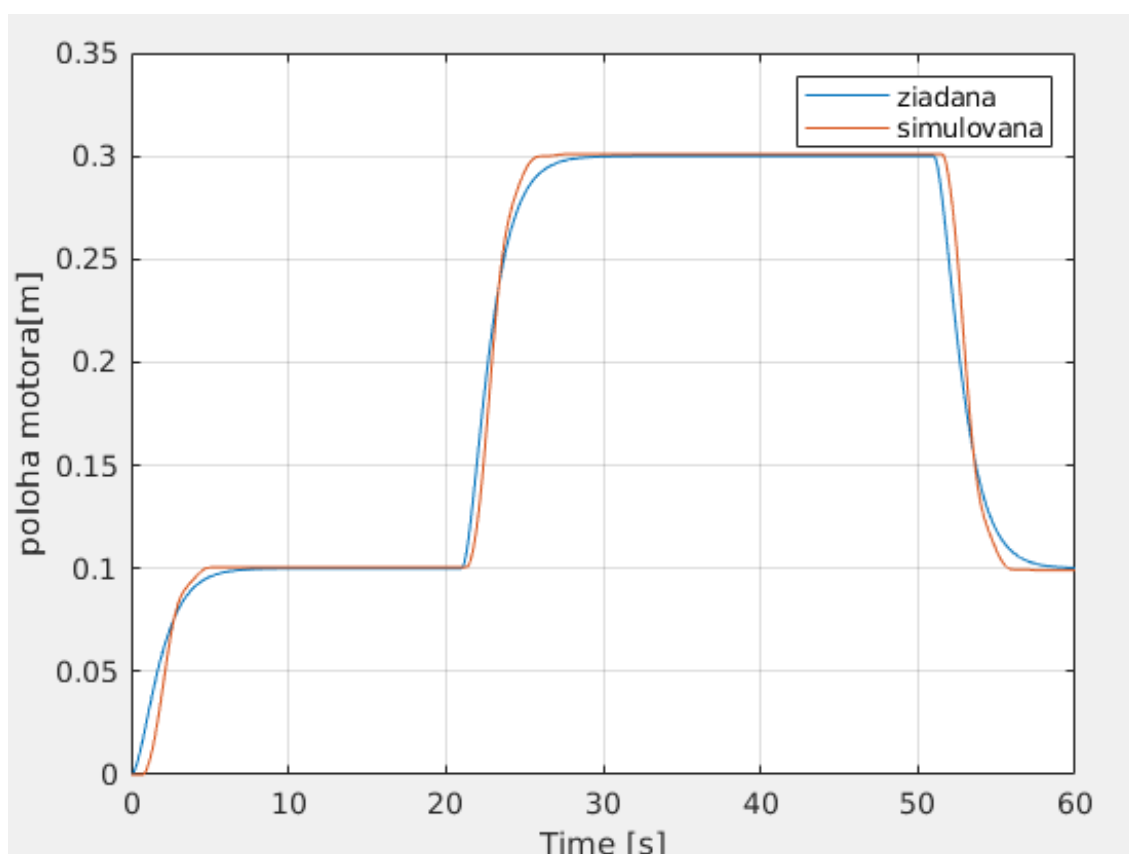
## 5 Odhad parametrov

Parametre sme hľadali pomocou genetického algoritmu, kde naším cieľom bolo minimalizovať Fitness funkciu, ktorá pozostávala z sumy odchýliek na druhú a výchylky kyvadla. Počiatčne sme zvolili veľkosť populácie 40, a veľkosť prehl'adávaného úseku na [0 10]. Najlepšie výsledky sme získali už v 10 generácii. Parametre sme hľadali pre jednu os žeriava, pretože žeriav mal podobné parametre aj pre druhú os.

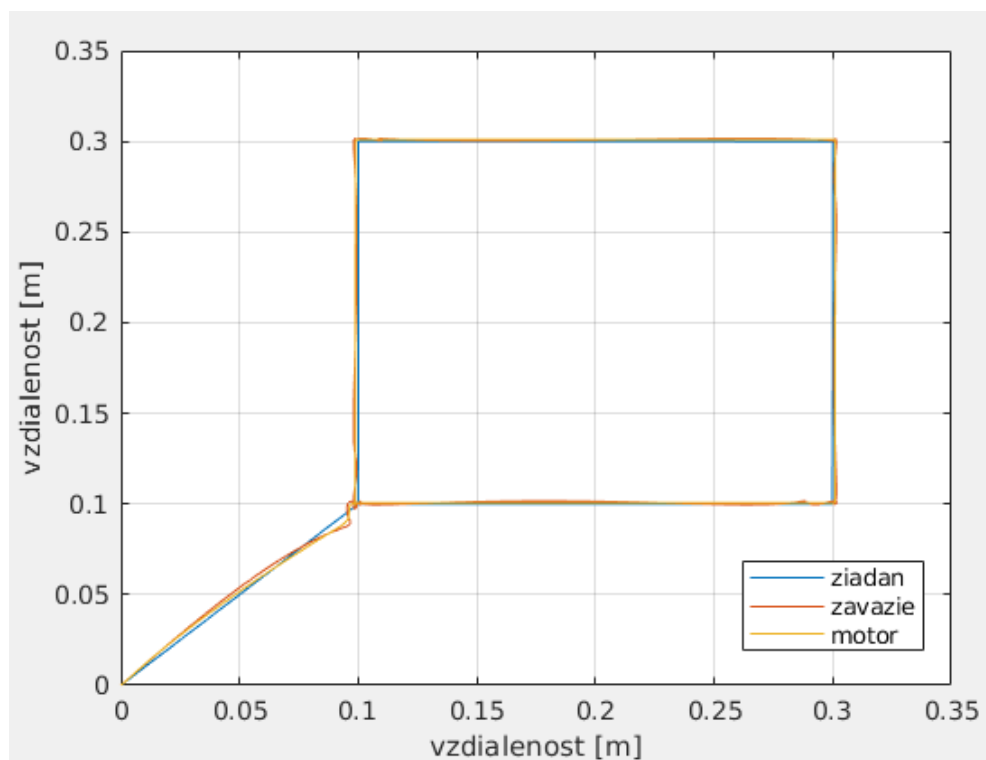
Pri návrhu sme experimentovali s rôznymi typmi regulátorov, ako P regulátor polohy vozíka a PI regulátor polohy závažia, alebo rýchlosti ale najlepšie výsledky sme dosiahli s nami zvoleným regulátorom.

Hodnoty regulátora PI nám vyšli  $P=9.7781$ ,  $I=7.7814$  a hodnota P regulátora polohy závažia je  $P=4.7486$ .

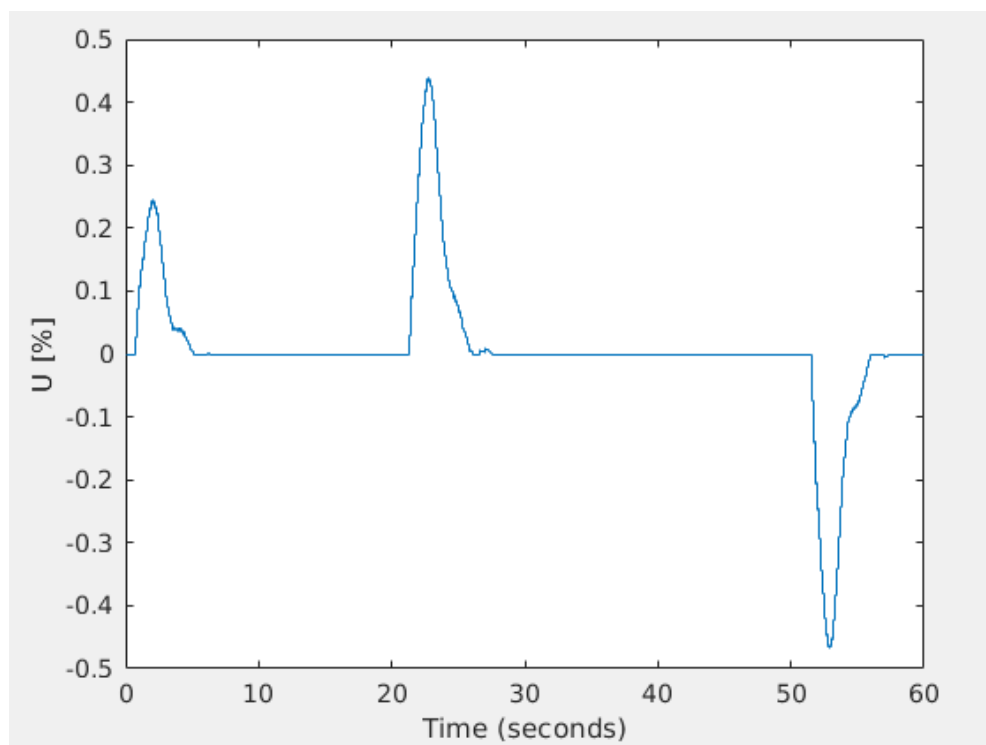
### 5.1 Grafy



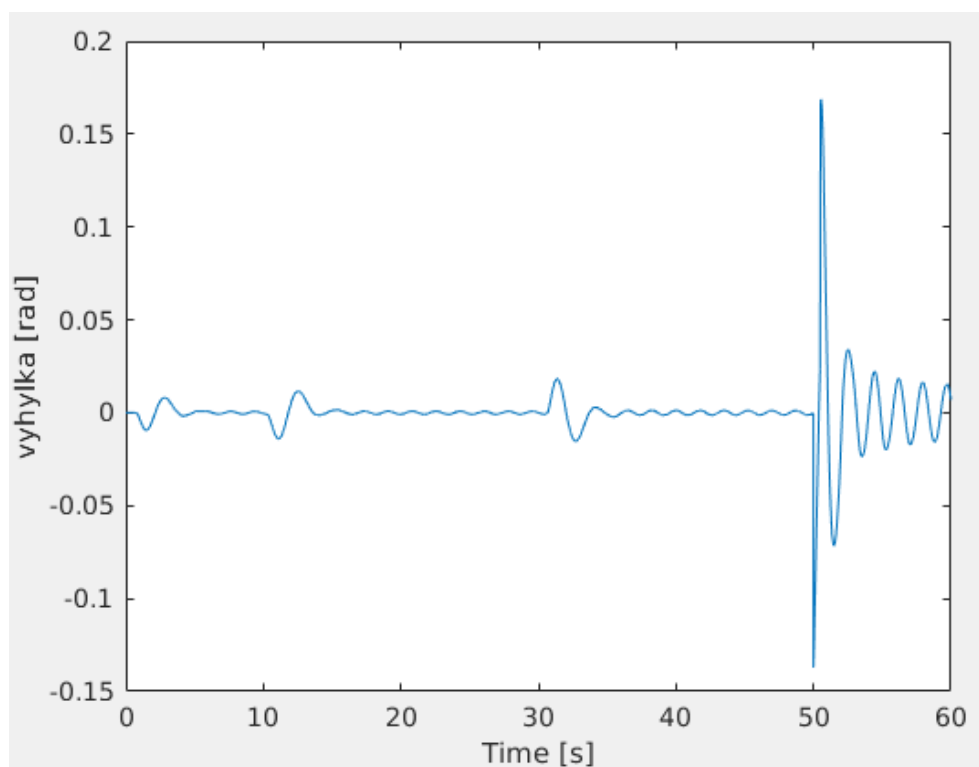
Obr. 5.1: Simulačná poloha motora



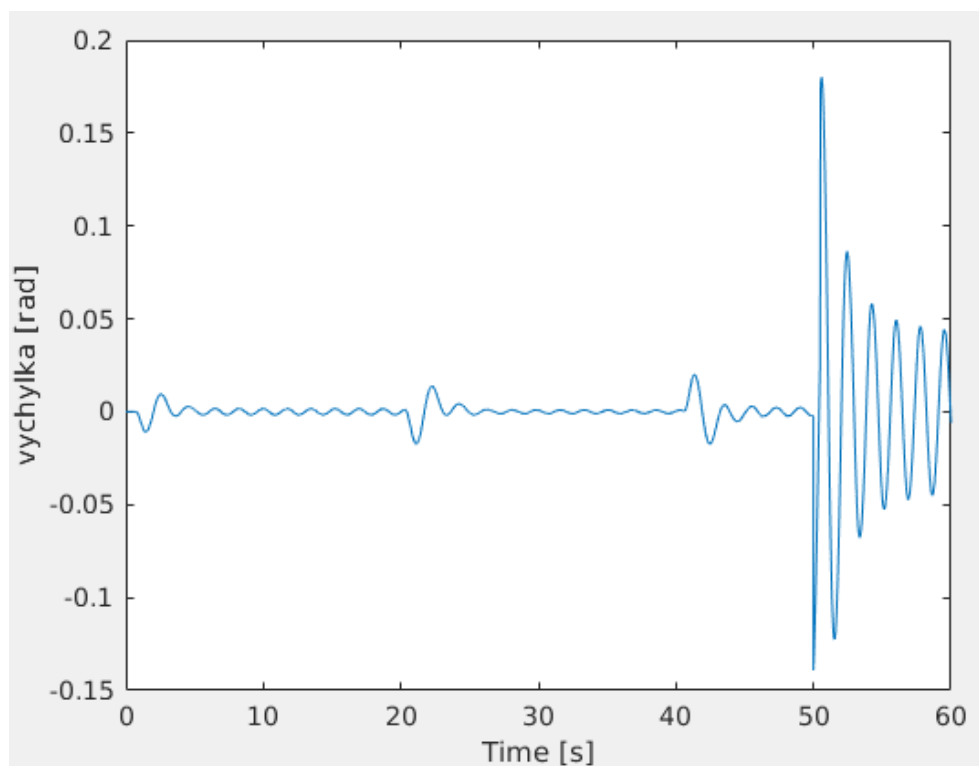
Obr. 5.2: Simulačná poloha častí žeriavu



Obr. 5.3: Simulácia akčného zásahu motora



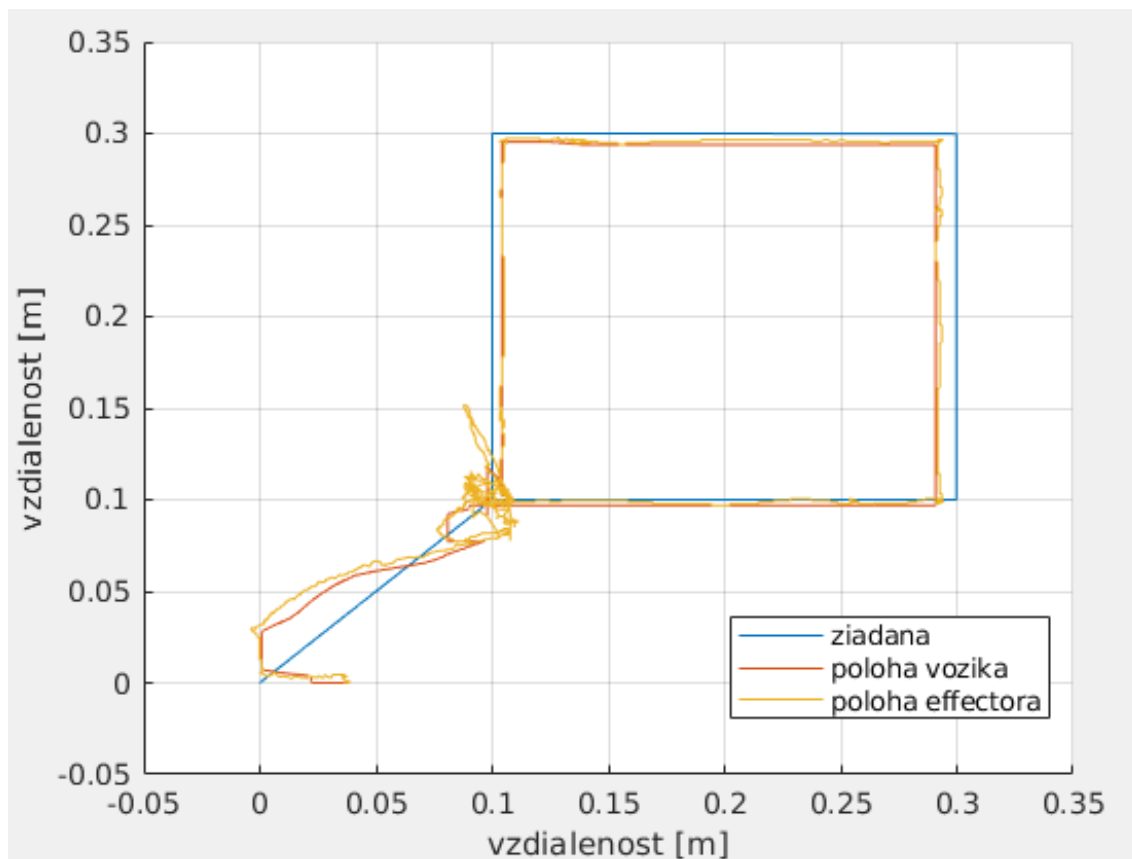
Obr. 5.4: Výchylka závažia žeriavu po X osi



Obr. 5.5: Výchylka závažia žeriavu po Y osi

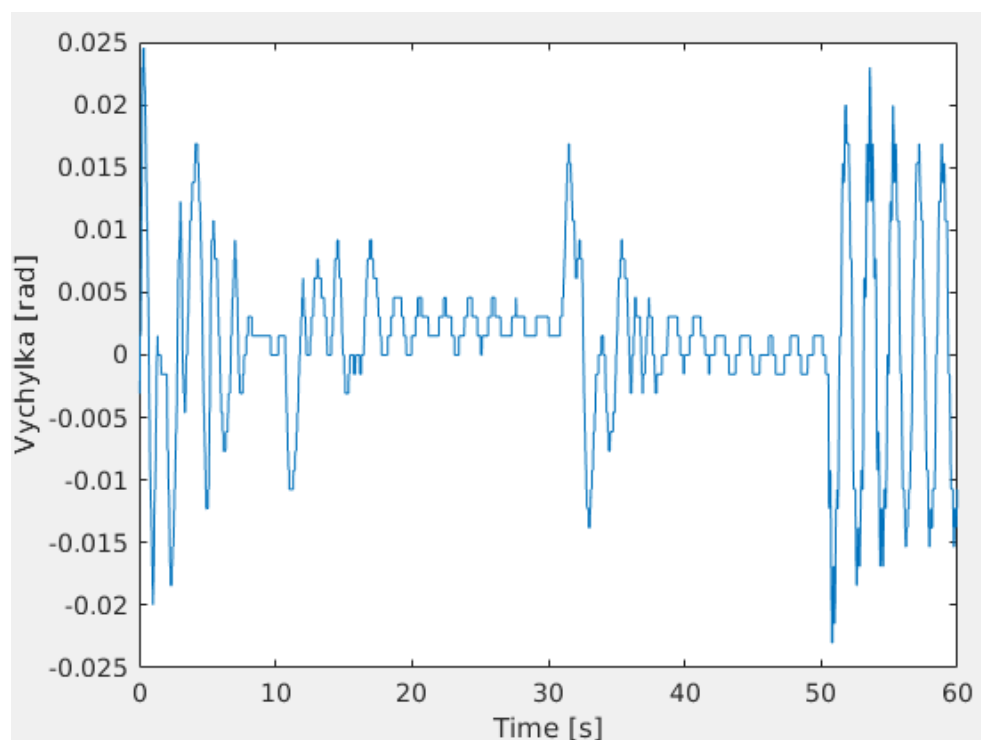
## 6 Merania

Na žeriav sme nahrali rovnakú schému ako sme si simulačné zostrojili a otestovali sme presnosť simulačne získanými parametrami regulátora. Výsledky môžeme pozorovať na obrázku nižšie. Hodnoty akčného zásahu sú po dead zone, takže sú znížené o necitlivosť mo-

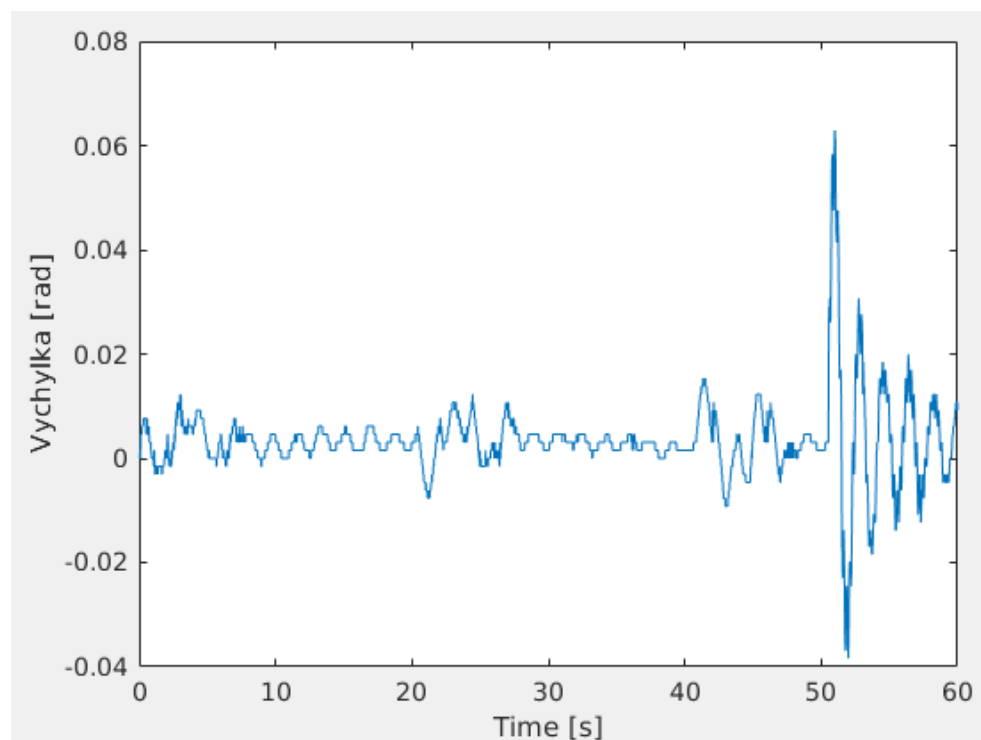


Obr. 6.1: Reálna poloha častí žeriavu

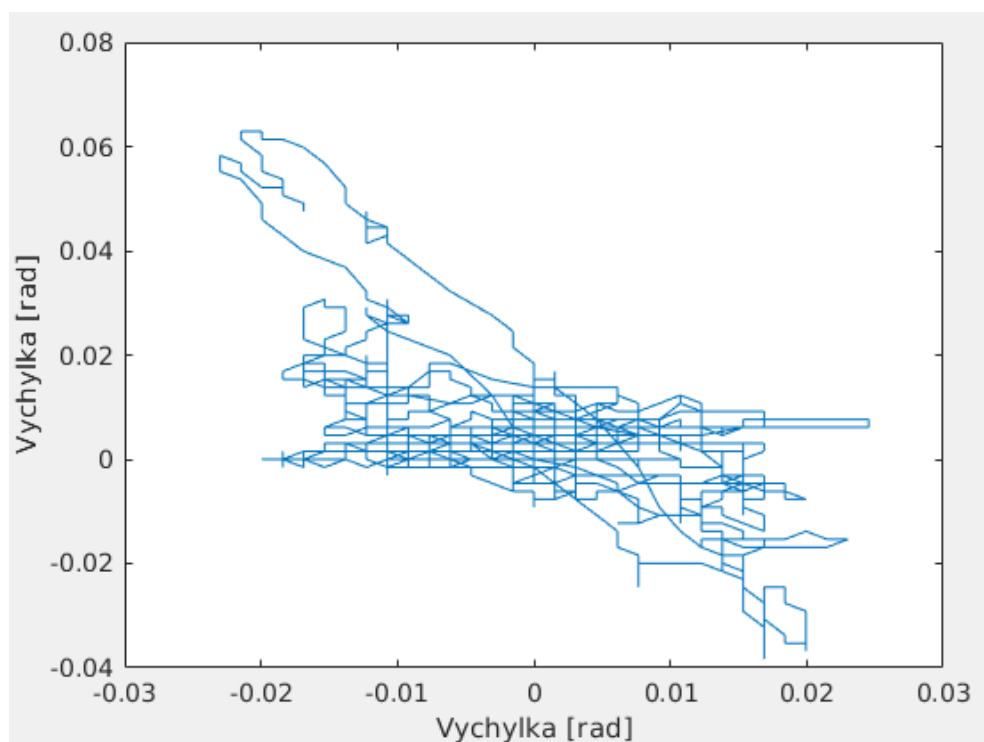
tora.



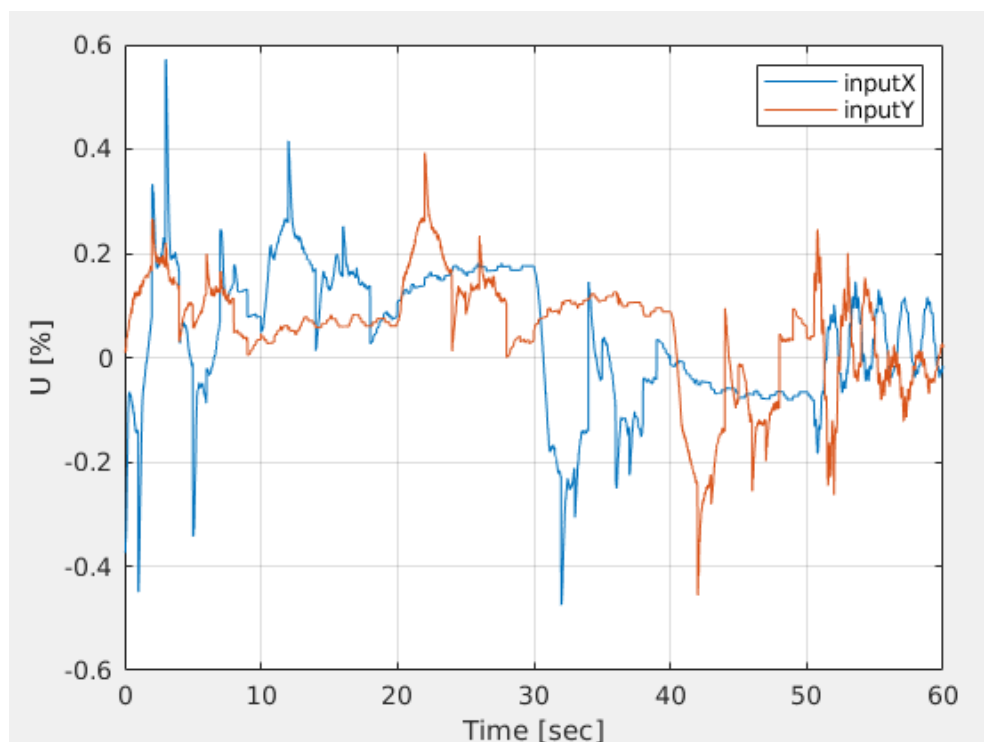
Obr. 6.2: Výchylka závažia žeriavu po X osi



Obr. 6.3: Výchylka závažia žeriavu po Y osi



Obr. 6.4: Výchylka závažia žeriavu



Obr. 6.5: Napätie motorov žeriavu

# Záver

V tomto zadaní sme sa naučili identifikovať neznámy systém na ktorý sme navrhli regulátor. V simulácii sme dosiahli presné výsledky, aj keď sme vygenerovali poruchu, navrhnutý regulátor sa vedel s tým vysporiadať.

Na identifikáciu sme použili znalosti z predmetu Identifikácia systémov, čo nám pomohlo identifikovať motor, ale kyvadlo na kyvadlo sme museli zvoliť iný typ identifikácie, pretože sme nemali kmitavé sústavy. V konečnom dôsledku sa nám podarilo identifikovať obe systémy.

Prvotne sme skúšali P regulátor na ovládanie polohy motora, ale po prvom experimente sme zvolili iný typ regulátora, pretože mal veľké zmeny akčného zásahu, čo by spôsobovalo rapidne opotrebovanie motora.

Na reálnom zariadení sme dosiahli podobné výsledky, otestovali sme aj robustnosť regulátora, no mali sme trvalú regulačnú odchýlku, čo mohol spôsobiť nie úplne dobre identifikovaný model vozíka, rôzne trenia a parazitné vplyvy, ako vôľa motorov, vôľa v zuboch prevodoviek. 6.1 V 50 sekunde merania sme vychýlili bremeno a sledovali ako na to zareaguje regulátor. Ako môžeme vidieť na obrázku 6.1, tak závažie sa chvíľu kývalo ale došlo k ustáleniu.

Výchylka závažia v simuláciu bola  $<0.01\text{rad}$  a na reálnom zariadení môžeme pozorovať výchylku v grafoch 6.2 a 6.3, kde sa pohýbala v rozmedzí  $<0.025\text{rad}$ . Výšia výchylka bola na konci experimentu, kde sme do závažia buchli aby sme ho vychýlili, ale v grafoch vidno že sa závažie ustalovalo. Ako môžeme pozorovať na priebehoch výchylky závažia v osiach, priebehy reálneho a simulovaného zariadenia sú podobne. Reálne zariadenie viac kmitalo, pretože v simulácii sme nebrali do úvahy váhu závažia a trenie ktoré na reálnom zariadení spôsobilo trhanie čo spôsobilo vibrácie na závaží. V 50 sekunde sme vytvorili poruchu a obe simulované aj reálne zariadenie mali rovnakú odozvu.



## Zoznam použitej literatúry

1. MATLAB. Find minimum of unconstrained multivariable function using derivative-free method. In: 2023. Dostupné tiež z: <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fminsearch.html>.