

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ  
TECHNOLÓGIE**

## **Inverzné kyvadlo**

# Obsah

|   |          |
|---|----------|
| <b>Úvod</b>                                   | <b>3</b> |
| <b>1 Konštrukcia</b>                          | <b>4</b> |
| 1.1 Systém kyvadla . . . . .                  | 4        |
| 1.2 Pohyblivá časť . . . . .                  | 4        |
| 1.3 Pohon . . . . .                           | 4        |
| 1.4 Elektronika . . . . .                     | 4        |
| 1.5 Konštrukčné prvky . . . . .               | 5        |
| 1.6 Parametre . . . . .                       | 5        |
| <b>2 Komunikácia s Riadiacim systémom</b>     | <b>6</b> |
| 2.1 Sériová komunikácia . . . . .             | 6        |
| 2.2 Matlab . . . . .                          | 6        |
| 2.3 Python . . . . .                          | 6        |
| <b>3 Identifikácia</b>                        | <b>6</b> |
| 3.1 Proces identifikácie . . . . .            | 6        |
| 3.2 Overenie modelu . . . . .                 | 6        |
| <b>4 Riadiace algoritmy</b>                   | <b>6</b> |
| 4.1 PID . . . . .                             | 6        |
| 4.1.1 Aplikácia riadenia v Matlabe . . . . .  | 6        |
| 4.1.2 Aplikácia riadenia v Python-e . . . . . | 6        |
| 4.2 MPC . . . . .                             | 6        |
| 4.2.1 Aplikácia riadenia v Matlabe . . . . .  | 6        |
| <b>Záver</b>                                  | <b>6</b> |
| <b>Literatúra</b>                             | <b>6</b> |

## Úvod

Úvod.

## 1 Konštrukcia

### 1.1 Systém kyvadla

Systém kyvadla budeme v tomto prípade rozumieť, ako systém, ktorý obsahuje okrem kyvadla samotného aj časti na jeho podporu, teda ložiskové domky a senzor na snímanie uhla otočenia kyvadla.

Kyvadlom môže byť akýkoľvek pevný objekt, ktorý je schopný konať otáčavý pohyb okolo osi otáčania. Tú tvorí skrutka M8, ktorá je upevnená v ložiskových domkoch tak, aby sa mohla otáčať pozdĺž osi otáčania kyvadla.

Snímačom uhla otočenia je optický rotačný enkóder s rozlíšením 2300 pul/ot.

### 1.2 Pohyblivá časť

Kľúčovým prvkom konštrukcie je pohyblivá časť, nazvime ju vozík. Tento vozík by mal byť schopný pohybu po jednej ose, t.j. doprava a doľava, kolmo na os otáčania kyvadla. Vozík je zložený z lineárnych ložísk, ktoré znižujú trenie medzi vozíkom a vodiacími tyčami. Ďalej obsahuje platformu na ktorú je možné upevniť rôzne systémy kyvadiel. Na ľavej a pravej strane je o vozík pripevnený ozubený pás.

### 1.3 Pohon

Pohon tvorí krokový motor, ktorý rotačným pohybom ťahá ozubený pás jedným alebo druhým smerom a ten potom tento pohyb prenáša na vozík. Motor je umiestnený na ľavej strane konštrukcie.

### 1.4 Elektronika

#### 1.4.1 Mikroovládač

Riadiacou elektronikou inverzného kyvadla je mikroovládač Arduino MEGA 2560. Tento mikroovládač prijíma signály z rotačných enkóderov a limitných spínačov. Tieto signály ďalej spracuje, teda vyhodnotí uhol otočenia kyvadla, pozíciu vozíka a prípadné stlačenie limitných spínačov. Tieto veličiny sú potom pripravené na pre riadiace algoritmy. Tie môžu byť aplikované priamo v tomto mikroovládači alebo posielané sériovou linkou do PC.

Mikroovládač má na starosti taktiež pohyb krokového motora. Riadiace pulzy sú posielané do ovládača krokového motora.

### 1.4.2 Elektronická schéma zapojenia

## 1.5 Konštrukčné prvky

**Tabuľka 1:** Použité konštrukčné prvky

| konštrukčný prvok        | špecifikácia            | počet kusov |
|--------------------------|-------------------------|-------------|
| Krokový motor            | QSH6018-45-28-110       | 1           |
| Ovládač krokového motora | HY-DIV268N-5A           | 1           |
| Mikroovládač             | Arduino MEGA 2560       | 1           |
| Rotačný enkóder 1        | 2330 pul/ot             | 1           |
| Rotačný enkóder 2        | 400 pul/ot (zapúzdrený) | 1           |
| Limitné spínače          |                         | 4           |

## 1.6 Parametre

**Tabuľka 2:** Parametre inverzného kyvadla

| parameter                   | hodnota | jednotka   |
|-----------------------------|---------|------------|
| Dĺžka kyvadla               | x       | $m$        |
| Hmotnosť kyvadla            | x       | $kg$       |
| Rozsah pohybu vozíka        | 0 - x   | $m$        |
| Max. rýchlosť pohybu vozíka | v       | $m.s^{-1}$ |

## 2 Komunikácia s Riadiacim systémom

### 2.1 Sériová komunikácia

### 2.2 Matlab

### 2.3 Python

## 3 Identifikácia

### 3.1 Proces identifikácie

### 3.2 Overenie modelu

## 4 Riadiace algoritmy

### 4.1 PID

#### 4.1.1 Aplikácia riadenia v Matlabe

#### 4.1.2 Aplikácia riadenia v Python-e

### 4.2 MPC

#### 4.2.1 Aplikácia riadenia v Matlabe

## Záver

## Literatúra