

# Diskretizacija PID regulatora

Anja Buljević

27. april 2020

## Sadržaj

<b>1</b>	<b>Zadatak</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Upravljanje brzinom</b>	<b>2</b>
2.1	Osnovni oblik P regulatora . . . . .	2
2.2	Osnovni oblik PI regulatora . . . . .	3
2.3	Osnovni oblik PI regulatora sa poremećajem i šumom . . . . .	3
2.4	Osnovni oblik PID regulatora . . . . .	3
2.5	Realni PID regulator . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Upravljanje pozicijom</b>	<b>5</b>
3.1	Realni P regulator . . . . .	5
3.2	Realni PD regulator . . . . .	5
3.3	Realni PD regulator sa poremećajem . . . . .	6
3.4	Realni PID regulator . . . . .	6

## 1 Zadatak

Cilj ovih vežbi je da isprojektujemo diskretne regulatore za jednosmerni motor, čije smo modele izvodili na prethodnim vežbama. Biće razmatrana dva moguća upravljačka sistema jednosmernog motora za:

1. upravljanje brzinom
2. upravljanje pozicijom.

Simulacije su radene u Simulink-u.

## 2 Upravljanje brzinom

Prvi slučaj koji ćemo razmatrati jeste upravljanje brzinom jednosmernog motora. Funkcija prenosa motora u tom slučaju je:  $G(s) = \frac{K_m}{(T_m s + 1)}$ . Simulacije za upravljanje brzinom su date u fajlu *upravljanjeBrzinom.slx*, a konstante su date u fajlu *konstanteBrzina.m*.

### Inicijalizacija

Priprema radnog prostora. Brisanje svih promenljivih. Brisanje radnog prostora. **Napomena:** Pri pokretanju MATLAB koda preporučujemo pokretanje sekcije po sekciju tako što se pozicionirate u sekciju i pritisnete komande Ctrl+Enter.

```
clc
close all
clear all
```

### Konstante motora

```
Km = 180;
Tm = 1.3;
```

```
T = 0.01; % perioda odabiranja
```

### 2.1 Osnovni oblik P regulatora

Željeni ulaz  $r(t)$  ćemo u svim primerima modelovati kao konstantan signal određene amplitude. P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(r(kT) - y(kT)).$$

$K = 0.1;$

Očekivano, postoji greška u ustaljenom stanju. Da li ta greška ikada može biti jednaka nuli?

## 2.2 Osnovni oblik PI regulatora

Radi eliminisanja greške u ustaljenom stanju, neophodno je da uvedemo integralno dejstvo u regulator. P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(r(kT) - y(kT)).$$

I dejstvo diskretizovano je diferenciranjem unazad i implementirano u rekurzivnoj formi sledećom jednačinom

$$I(kT + T) = I(kT) + \frac{KT}{T_i}(r(kT) - y(kT)).$$

Ukupna vrednost upravljanja je  $u = P + I$ .

$K1 = 0.3;$

$Ti1 = 0.5;$

Nakon simulacije vidimo da je greška u ustaljenom stanju jednaka nuli, odnosno izlaz je jednak željenoj vrednosti.

**Domaći 1.** Promeniti formu PI regulatora tako da preskok bude što manji.

## 2.3 Osnovni oblik PI regulatora sa poremećajem i šumom

U osnovno kolo automatskog upravljanja, ubacićemo poremećaj i šum. Za potrebe simulacije ovog primera, amplituda željenog ulaza  $r(t)$  će biti 10. Poznato je da je referenca brzina, pa bi njena vrednost trebala da bude veća, ali želimo da pokažemo sve efekte koji bi se za veće vrednosti slabije videli. Poremećaj  $l(t)$  ćemo modelovati kao konstantnu pobudu amplitude 1 koja počinje da deluje posle 5s (radi razdvajanja ulaza od poremećaja). Šum  $n(t)$  je sinusni signal učestanosti 50000rad/s i amplitude 0.1.

Kao što je i rečeno na predavanjima, PI regulator dobro trpi šum merenja.

## 2.4 Osnovni oblik PID regulatora

P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(r(kT) - y(kT)).$$

I dejstvo diskretizovano je diferenciranjem unazad i implementirano u rekurzivnoj formi sledećom jednačinom

$$I(kT + T) = I(kT) + \frac{KT}{T_i}(r(kT) - y(kT)).$$

D dejstvo je diskretizovano diferenciranjem unazad

$$D(kT) = \frac{KT_d}{T}(y(kT) - y(kT - T)).$$

Ukupna vrednost upravljanja je  $u = P + I + D$ .

K2 = 0.1;  
Ti2 = 0.8;  
Td2 = 0.06;

Kao što je i rečeno na predavanjima, D dejstvo pojačava šum, zbog čega je neophodno da uvedemo modifikaciju D dejstva. Bitno je napomenuti da su parametri D dejstva toliko mali da su i vizuelno smanjili amplitudu oscilacija.

## 2.5 Realni PID regulator

P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(br(kT) - y(kT)).$$

I dejstvo diskretizovano je diferenciranjem unazad i implementirano u rekurzivnoj formi sledećom jednačinom

$$I(kT + T) = I(kT) + \frac{KT}{T_i}(r(kT) - y(kT)).$$

D dejstvo je diskretizovano diferenciranjem unazad

$$D(kT) = \frac{T_d}{T_d + NT}D(kT - T) - \frac{KT_dN}{T_d + NT}(y(kT) - y(kT - T)).$$

Ukupna vrednost upravljanja je  $u = P + I + D$ .

Parametri koji su nam dodatno potrebni za realni PID regulator su:

N = 4;  
b = 0.7;

Uvođenjem modifikovanog D dejstva može se primetiti da se amplituda oscilacija znatno smanjila sto je objašnjeno u predavanjima.

### 3 Upravljanje pozicijom

Drugi slučaj koji ćemo razmatrati jeste upravljanje pozicijom jednosmernog motora. Funkcija prenosa motora je data izrazom  $G(s) = \frac{c}{s(s+a)}$ . Simulacije za upravljanje pozicijom su date u fajlu *upravljanjePozicijom.slx*, a konstante su date u fajlu *konstantePozicija.m*.

#### Inicijalizacija

Priprema radnog prostora. Brisanje svih promenljivih. Brisanje radnog prostora. **Napomena:** Pri pokretanju MATLAB koda preporučujemo pokretanje sekcije po sekciju tako što se pozicionirate u sekciju i pritisnete komande Ctrl+Enter.

```
clc
close all
clear all
```

#### Konstante

```
a = 0.8;
c = 140;
T = 0.01;
N = 8;
b = 0.7;
```

#### 3.1 Realni P regulator

**Domaći 2.** Projektovati realni P regulator. Da li postoji greška u ustaljenom stanju i zašto? Da li na potiskivanje greške u ustaljenom stanju, kao posledice signala reference, može da utiče struktura samog sistema (tačnije postojanje integratora)?

#### 3.2 Realni PD regulator

P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(br(kT) - y(kT)).$$

D dejstvo je diskretizovano Tustinom

$$D(kT) = \frac{2T_d - NT}{2T_d + NT} D(kT - T) - \frac{2KNT_d}{2T_d + NT} (y(kT) - y(kT - T))$$

Ukupna vrednost upravljanja je  $u = P + D$ .

K3 = 3;  
Td3 = 0.3;

Kao i u prethodnom primeru, greška u ustaljenom stanju je očekivano jednaka nuli zbog astatizma koji se nalazi u samom modelu procesa kojim upravljamo. PD regulator trebalo bi da obezbedi brži odziv sistema, i u slučaju ovakve strukture modela, lakše podešavanje parametara, jer uvođenjem PD regulatora, uvodimo nulu u strukturu sistema i postoje dva podesiva parametra, što daje veću slobodu da utičemo na ponašanje sistema.

### 3.3 Realni PD regulator sa poremećajem

Za potrebe sledeće simulacije ubacićemo i poremećaj  $l(t)$  koji je modelovan kao konstanta pobuda amplitude 0.2 čije dejstvo počinje nakon 25s.

Nakon simuliranja primećujemo da postoji greška u ustaljenom stanju. **ZAŠTO?**

### 3.4 Realni PID regulator

P dejstvo se računa na sledeći način

$$P(kT) = K(br(kT) - y(kT)).$$

I dejstvo diskretizovano je diferenciranjem unazad i implementirano u rekurzivnoj formi sledećom jednačinom

$$I(kT + T) = I(kT) + \frac{KT}{T_i}(r(kT) - y(kT)).$$

D dejstvo je diskretizovano Tustinom

$$D(kT) = \frac{2T_d - NT}{2T_d + NT}D(kT - T) - \frac{2KNT_d}{2T_d + NT}(y(kT) - y(kT - T)).$$

Ukupna vrednost upravljanja je  $u = P + I + D$ .

K4 = 5;  
Td4 = 0.1;  
Ti4 = 1.1;

**Domaći 3.** Naći opseg parametara PID regulatora za koji je sistem stabilan.

**Domaći 4.** Uvesti konstantan poremećaj amplitude 0.2 koji počinje da deluje posle 50s. Da li će PID regulator uspeti da eliminiše uticaj poremećaja na grešku u ustaljenom stanju?

**Domaći 5.** Pronaći parametre PID regulatora tako da sistem bude stabilan i otporan na uticaj poremećaja modelovanog u primeru pre i na uticaj mernog šuma koji se modeluje kao sinusni signal amplitude 0.05 i učestanosti 50000rad/s.