

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego nr  
1, zadanie nr 1

Imię i Nazwisko, Imię i Nazwisko, Imię i Nazwisko

Warszawa, 2017

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	2
1.1. Cel projektu	2
1.2. Opis algorytmów	2
1.2.1. PID	2
1.2.2. DMC	2
<b>2. Zadanie 1</b>	4
2.1. Sprawdzenie poprawności wartości początkowych $U_{PP}$ oraz $Y_{PP}$	4
<b>3. zad2</b>	5
<b>4. zad3</b>	6
<b>5. zad4</b>	7
<b>6. zad5</b>	8
<b>7. zad6</b>	9

# 1. Wstęp

## 1.1. Cel projektu

Celem projektu było zbadanie właściwości danego obiektu oraz próba regulacji z wykorzystaniem dyskretnych algorytmów PID oraz DMC w wersji analitycznej. Częścią zadania było również uwzględnienie ograniczeń sterowania narzuconych w treści projektu.

Symulacja obiektu odbywa się za pośrednictwem funkcji `symulacja_obiektu6Y`. Ustalono punkt pracy dla wartości  $U_{PP} = 1,1$ ,  $Y_{PP} = 2,5$ , natomiast ograniczenia wartości sygnału sterującego mają wartości  $U^{\min} = 0,6$ ,  $U_{\max} = 1,6$ .

## 1.2. Opis algorytmów

### 1.2.1. PID

W zadaniu projektowym wykorzystany został regulator PID. Algorytm ten, na podstawie obliczonej wartości uchybu oraz dobranych nastaw, wyznacza wartość sterowania dla chwili  $k$ . Elementami struktury algorytmu są następujące stałe:

- $K$  - stała proporcjonalna
- $T_i$  - stała całkowania
- $T_d$  - stała różniczkowania
- $T$  - czas próbkowania

Dobranie nastaw algorytmu oznacza znalezienie możliwie optymalnych nastaw zapewniających najlepszą jakość regulacji.

Po wyznaczeniu parametrów, należy obliczyć współczynniki prawa regulacji używając następujących wzorów:

$$r_2 = \frac{KTd}{T} \quad (1.1)$$

$$r_1 = K\left(\frac{T}{2T_i} - \frac{2T_d}{T} - 1\right) \quad (1.2)$$

$$r_0 = K\left(\frac{T}{2T_i} + \frac{T_d}{T} + 1\right) \quad (1.3)$$

Prawo regulacji regulatora opisane jest równaniem:

$$u(k) = r_2e(k-2) + r_1e(k-2) + r_0e(k) + u(k-1) \quad (1.4)$$

### 1.2.2. DMC

Regulator DMC jest algorytmem predykcyjnym wyznaczającym trajektorię sygnału wyjściowego oraz przyszłe przyrosty sterowań. DMC potrzebuje wcześniejszej informacji o obiekcie w postaci odpowiedzi skokowej. Parametrami algorytmu są:

- $D$  - horyzont dynamiki
- $N$  - horyzont predykcji
- $N_u$  - horyzont sterownia

—  $\lambda$  - kara za zmianę sterownia

Strojenie algorytmu polega na odpowiednim dobraniu parametrów tak, by zapewnić możliwie najlepszą jakość regulacji.

Aby otrzymać prawo regulacji, należy wyznaczyć szereg współczynników:  
Macierz dynamiczną oraz macierz  $K$ :

$$M = \begin{bmatrix} s_1 & 0 & \cdots & 0 \\ s_2 & s_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_N & s_{N-1} & \cdots & s_{N-N_u+1} \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

$$K = (M^T \Psi M + \Lambda)^{-1} M^T \Psi \quad (1.6)$$

Macierz  $M^P$  oraz wektor zmian sterowania  $\Delta U^P$ :

$$M^P = \begin{bmatrix} s_2 - s_1 & s_3 - s_2 & \cdots & s_D - s_{D-1} \\ s_3 - s_1 & s_4 - s_2 & \cdots & s_{D+1} - s_{D-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{N+1} - s_1 & s_{N+2} - s_2 & \cdots & s_{N+D-1} - s_{D-1} \end{bmatrix} \quad (1.7)$$

$$\Delta U^P(k) = \begin{bmatrix} \Delta u(k-1) \\ \Delta u(k-2) \\ \vdots \\ \Delta u(k-(D-1)) \end{bmatrix} \quad (1.8)$$

Na podstawie powyższych macierzy oraz wektorów, można obliczyć parametry regulatora:

$$k_e = \sum_{i=1}^N K_{1,i} \quad (1.9)$$

$$k_u = \bar{K}_1 M^P \quad (1.10)$$

a następnie wyznaczyć sterowanie z następującego prawa regulacji:

$$e(k) = y_{zad}(k) - y(k) \quad (1.11)$$

$$u(k|k) = u(k-1) + k_e e(k) - k_u \Delta U^P(k) \quad (1.12)$$

Ograniczenie wartości sygnału sterującego przez wartości maksymalną i minimalną wykonane jest w następujący sposób:

1. jeżeli  $u(k|k) < u_{min}$  wtedy  $u(k|k) = u_{min}$
2. jeżeli jeżeli  $u(k|k) > u_{max}$  wtedy  $u(k|k) = u_{max}$  max
3.  $u(k) = u(k|k)$

## 2. Zadanie 1

### 2.1. Sprawdzenie poprawności wartości początkowych $U_{PP}$ oraz $Y_{PP}$

```
%wyznaczanie y_pp dla u_pp = 1.1
u_pp = 1.1;

t_sim = 300;
y = [0;0];

for k=2:t_sim
    y_temp = symulacja_obiektu6Y(u_pp,u_pp,y(k),y(k-1));
    y = [y;y_temp];
end

figure(1)
stairs(0:t_sim,y)

y_pp = y(end);
```

3. zad2

4. zad3

5. zad4



6. zad5

7. zad6