

Politechnika Warszawska  
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego  
nr 2, zadanie nr 7

Autorzy:  
Grochowina Mateusz  
Winnicki Konrad  
Zgorzelski Jan

Warszawa, 3 kwietnia 2019

# Spis treści

<b>1. Projekt</b>	2
1.1. Poprawność podanego punktu pracy	2
1.2. Wyznaczenie symulacyjne odpowiedzi skokowych	2
1.2.1. Odpowiedź wyjścia na skok wejścia	2
1.2.2. Odpowiedź wyjścia na skok zakłócenia	4
1.3. Wyznaczenie wektorów $s$ i $s_z$	4
1.3.1. Wyznaczenie wektora $s$	4
1.3.2. Wyznaczenie wektora $s_z$	4
1.4. Regulator DMC	4
1.4.1. Program do symulacji algorytmu DMC	4
1.4.2. Dobór parametrów regulatora	4
1.5. Wpływ skokowej zmiany sygnału zakłócenia	4
1.5.1. Dobór parametru $D_z$	4
1.5.2. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia	4
1.5.3. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia	4
1.6. Wpływ ciągłej sinusoidalnej zmiany sygnału zakłócenia	4
1.6.1. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia	5
1.6.2. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia	5
1.7. Odporność algorytmu przy błędach pomiarowych sygnału zakłócenia	5
<b>2. Laboratorium</b>	6
2.1. Poprawność sterowania i punkt pracy stanowiska	6
2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowej toru zakłócenie-wyjście	6
2.2.1. Odpowiedzi skokowe obiektu	6
2.2.2. Właściwości statyczne obiektu	6
2.2.3. Wzmocnienie statyczne	6
2.3. Wyznaczenie aproksymowanych wektorów $s$ i $s_z$	6
2.3.1. Odpowiedzi skokowe	6
2.3.2. Aproksymacja odpowiedzi skokowych	6
2.4. Regulator DMC	6
2.4.1. Program do symulacji algorytmu DMC	7
2.4.2. Dobór parametrów regulatora	7
2.5. Wpływ skokowej zmiany sygnału zakłócenia	7
2.5.1. Dobór parametru $D_z$	7
2.5.2. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia	7
2.5.3. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia	7

# 1. Projekt

## 1.1. Poprawność podanego punktu pracy

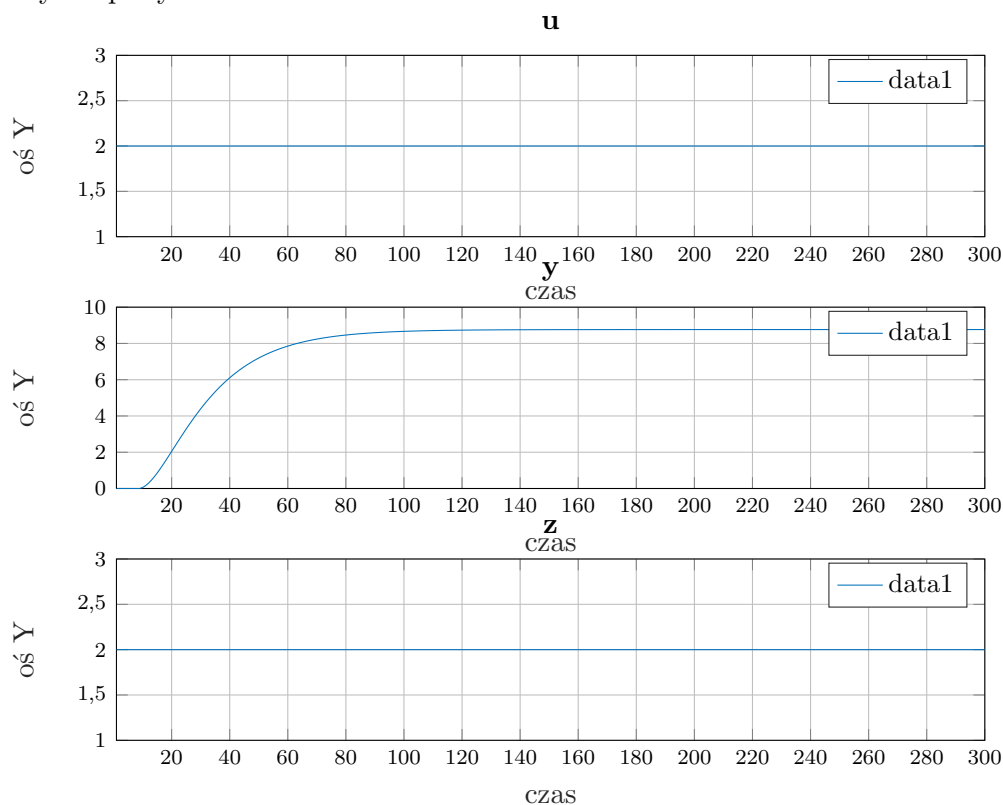
Sprawdź poprawność podanego punktu pracy.

## 1.2. Wyznaczenie symulacyjne odpowiedzi skokowych

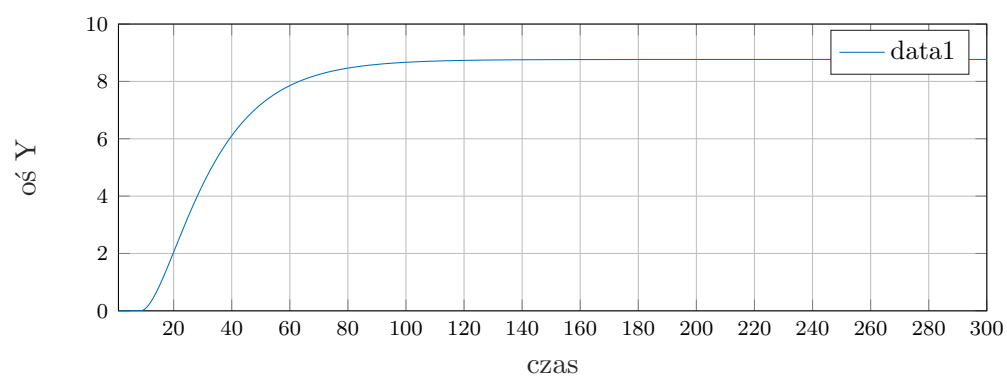
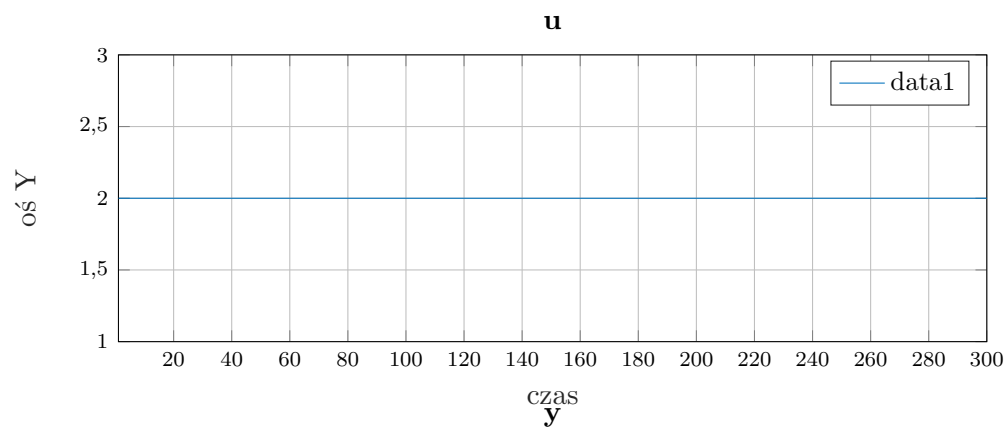
Wyznacz symulacyjnie odpowiedzi skokowe torów wejście-wyjście i zakłócenie-wyjście procesu dla kilku zmian sygnału sterującego. Narysuj te odpowiedzi, oddzielnie dla obydwu torów. Narysuj charakterystykę statyczną procesu  $y(u, z)$ . Czy właściwości statyczne i dynamiczne procesu są (w przybliżeniu) liniowe? Jeżeli tak, określ wzmocnienie statyczne obu torów procesu.

### 1.2.1. Odpowiedź wyjścia na skok wejścia

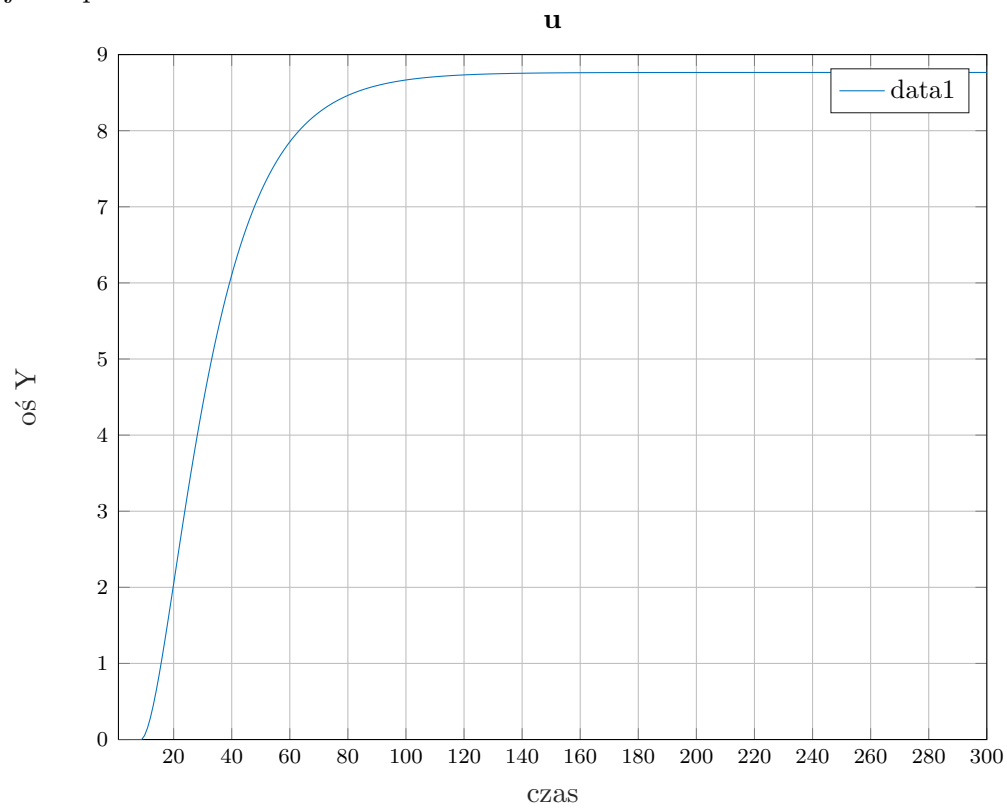
jakiś wykres z matlab2Tikz:  
trzy subploty



koniec wykresu  
dwa subploty



koniec wykresu  
jeden plot



koniec wykresu

### 1.2.2. Odpowiedź wyjścia na skok zakłócenia

### 1.3. Wyznaczenie wektorów $s$ i $s_z$

Wyznaczyć odpowiedzi skokowe obu torów wykorzystywane w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  oraz  $s_z 1, s_z 2, \dots$  (przy skoku jednostkowym, odpowiednio sygnału sterującego i zakłócającego: od chwili  $k = 0$  włącznie sygnał wymuszenia ma wartość 1, w przeszłości jest zerowy). Zamieścić rysunki odpowiedzi skokowych obu torów.

#### 1.3.1. Wyznaczenie wektora $s$

#### 1.3.2. Wyznaczenie wektora $s_z$

### 1.4. Regulator DMC

Napisać program w języku MATLAB do symulacji algorytmu DMC w najprostszej wersji analitycznej. Dobierać parametry  $D, N_u, N$  i  $\lambda$  algorytmu DMC przy skokowej zmianie sygnału wartości zadanej z 0 do 1 i zerowym zakłóceniu. Jakość regulacji oceniać jakościowo (na podstawie rysunków przebiegów sygnałów) oraz ilościowo, wyznaczając wskaźnik jakości regulacji  $E = \sum_{k=1}^{k_{\text{konc}}} (y_{\text{zad}}(k) - y(k))^2$  gdzie  $k_{\text{konc}}$  oznacza koniec symulacji (zawsze taki sam). Zamieścić wybrane wyniki symulacji (przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych procesu oraz wartości wskaźnika  $E$ ).

#### 1.4.1. Program do symulacji algorytmu DMC

#### 1.4.2. Dobór parametrów regulatora

### 1.5. Wpływ skokowej zmiany sygnału zakłócenia

Założyć, że oprócz zmian sygnału wartości zadanej następuje skokowa zmiana sygnału zakłócenia z wartości 0 do 1 (zmiana ta ma miejsce po osiągnięciu przez proces wartości zadanej wyjścia). Dobierać parametr  $D_z$ . Zamieścić wybrane wyniki symulacji. Pokazać, że pomiar zakłócenia i jego uwzględnienie prowadzi do lepszej regulacji niż gdy brak jest tego pomiaru.

#### 1.5.1. Dobór parametru $D_z$

#### 1.5.2. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia

#### 1.5.3. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia

### 1.6. Wpływ ciągłej sinusoidalnej zmiany sygnału zakłócenia

Sprawdzić działanie algorytmu przy zakłóceniu zmiennym sinusoidalnie. Zamieścić wybrane wyniki symulacji przy uwzględnieniu i nie uwzględnieniu mierzonego zakłócenia w algorytmie.

### **1.6.1. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia**

### **1.6.2. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia**

## **1.7. Odporność algorytmu przy błędach pomiarowych sygnału zakłócenia**

Dla dobranych parametrów algorytmu zbadać jego odporność przy błędach pomiaru sygnału zakłócenia (szum pomiarowy). Rozważyć kilka wartości błędów. Zamieścić wybrane wyniki symulacji.

## 2. Laboratorium

### 2.1. Poprawność sterowania i punkt pracy stanowiska

Sprawdzić możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem – w szczególności sygnałów sterujących  $W1$ ,  $G1$ ,  $Z$  oraz pomiaru  $T1$ . Określić wartość pomiaru temperatury w punkcie pracy ( $Z = 0$ ,  $G1 = 25 + F$ , gdzie  $F$  oznacza numer zespołu).

### 2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowej toru zakłócenie-wyjście

Wyznaczyć odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście procesu dla trzech różnych zmian sygnału zakłócającego  $Z$  rozpoczynając z punktu pracy. Narysować otrzymane przebiegi na jednym rysunku. Czy właściwości statyczne obiektu można określić jako (w przybliżeniu) liniowe? Jeżeli tak, określić wzmocnienie statyczne tego toru procesu.

#### 2.2.1. Odpowiedzi skokowe obiektu

#### 2.2.2. Właściwości statyczne obiektu

#### 2.2.3. Wzmocnienie statyczne

### 2.3. Wyznaczenie aproksymowanych wektorów $s$ i $s_z$

Przygotować odpowiedzi skokowe wykorzystywane w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  oraz  $s_z 1, s_z 2, \dots$ . Zamieścić rysunki odpowiedzi skokowych. Należy wykonać aproksymacje odpowiedzi skokowych. W celu można wykorzystać dowolne narzędzie. Zamieścić rysunek porównujący odpowiedź skokową oryginalną i wersję aproksymowaną. Opisać zastosowaną metodę (pozwalając na odtworzenie procesu aproksymacji) oraz uzasadnić wybór wszystkich parametrów z tym związanych.

#### 2.3.1. Odpowiedzi skokowe

#### 2.3.2. Aproksymacja odpowiedzi skokowych

### 2.4. Regulator DMC

Napisać i omówić program w języku Matlab do regulacji algorytmu DMC (w najprostszej wersji analitycznej) dla procesu stanowiska. Dobrać parametry  $D$ ,  $N$ ,  $N_u$ ,  $\lambda$  algorytmu DMC przy skokowej zmianie sygnału wartości zadanej i zerowym zakłóceniu. Uwzględnić istniejące ograniczenia wartości sygnału sterującego  $0 \rightarrow G1(k) \rightarrow 100$ .

#### 2.4.1. Program do symulacji algorytmu DMC

#### 2.4.2. Dobór parametrów regulatora

### 2.5. Wpływ skokowej zmiany sygnału zakłócenia

Dobrac parametr  $D_z$ . Załozyc, ze oprócz zmian sygnału wartosci zadanej następuje skokowa zmiana sygnału zakłócenia z wartosci 0 do ok. 30 (zmiana ta ma miejsce po osiągnięciu przez proces wartosci zadanej wyjścia). Uwzględnić co najmniej dwie zmiany sygnału zakłócenia. Zamieszczyć wybrane wyniki eksperymentu. Pokazać, że uwzględnienie pomiaru zakłócenia prowadzi do lepszej regulacji niż gdy brak jest tego pomiaru – porównać wyniki eksperymentu z regulatorem nie uwzględniającym pomiaru zakłóceń.

#### 2.5.1. Dobór parametru $D_z$

#### 2.5.2. Regulacja bez uwzględnienia zakłócenia

#### 2.5.3. Regulacja z uwzględnieniem zakłócenia