

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

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego  
nr 1, zadanie nr 7

Autorzy:  
Grochowina Mauteusz  
Winnicki Konrad  
Zgorzelski Jan

Warszawa, 19 marca 2019

# Spis treści

<b>1. Projekt</b>	2
1.1. Sprawdzenie poprawności wartości $U_{pp}$ , $Y_{pp}$	2
1.2. Symulacyjne wyznaczenie odpowiedzi skokowej procesu	2
1.3. Przekształcenie otrzymanej odpowiedzi skokowej	4
1.4. Cyfrowy algorytm PID i DMC	4
1.5. Dobór parametrów algorytmów PID i DMC	4
1.5.1. Metoda inżynierska	4
1.5.2. Minimalizacja wskaźnika jakości regulacji	5
<b>2. Laboratorium</b>	6
2.1. Temperatura obiektu w punkcie pracy	6
2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowej procesu	6
2.3. Przekształcenie otrzymanej odpowiedzi skokowej	6
2.4. Cyfrowy algorytm PID i DMC	6
2.5. Dobór parametrów algorytmów PID i DMC	6

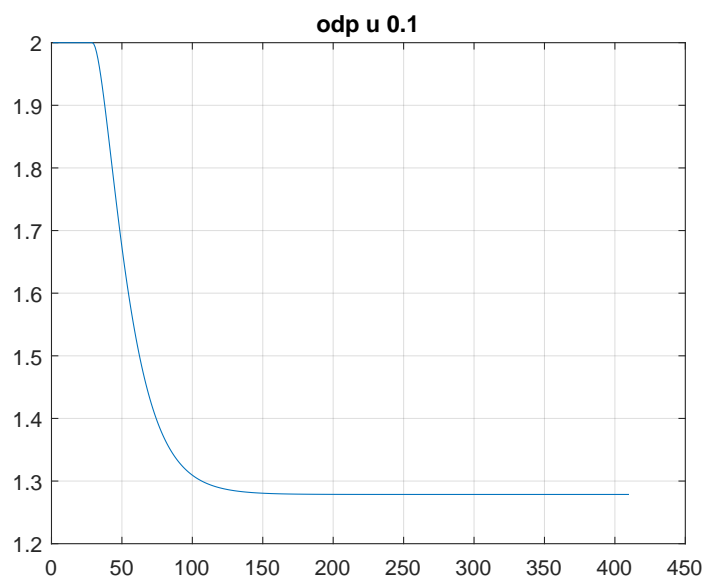
# 1. Projekt

## 1.1. Sprawdzenie poprawności wartości $U_{pp}$ , $Y_{pp}$

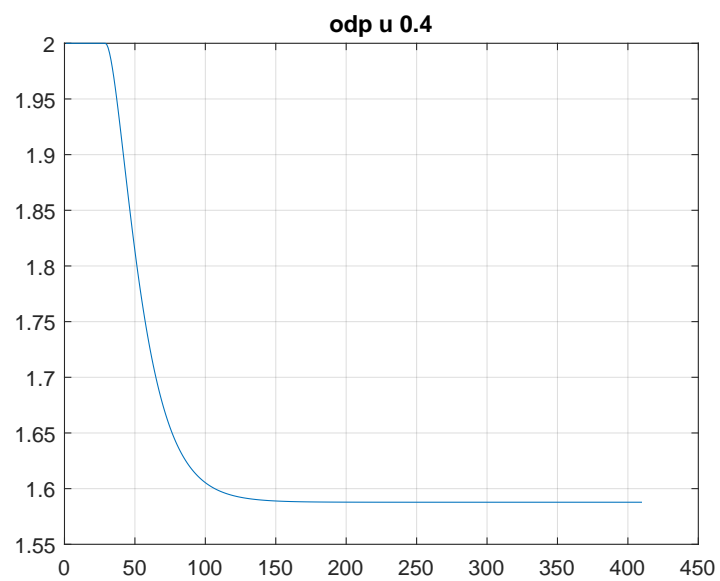
Sprawdź poprawność wartości  $U_{pp}$ ,  $Y_{pp}$ .

## 1.2. Symulacyjne wyznaczenie odpowiedzi skokowej procesu

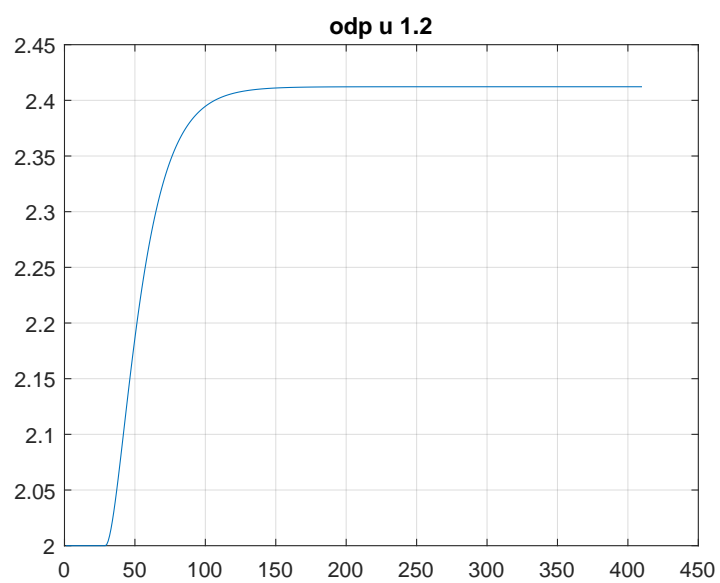
Wyznacz symulacyjnie odpowiedzi skokowe procesu dla kilku zmian sygnału sterującego, przy uwzględnieniu ograniczeń wartości tego sygnału, jego wartości na początku eksperymentu wynosi  $U_{pp}$ . Narysuj te odpowiedzi na jednym rysunku. Narysuj charakterystykę statyczną procesu  $y(u)$ . Czy właściwości statyczne i dynamiczne procesu są (w przybliżeniu) liniowe? Jeżeli tak, określ wzmocnienie statyczne procesu.



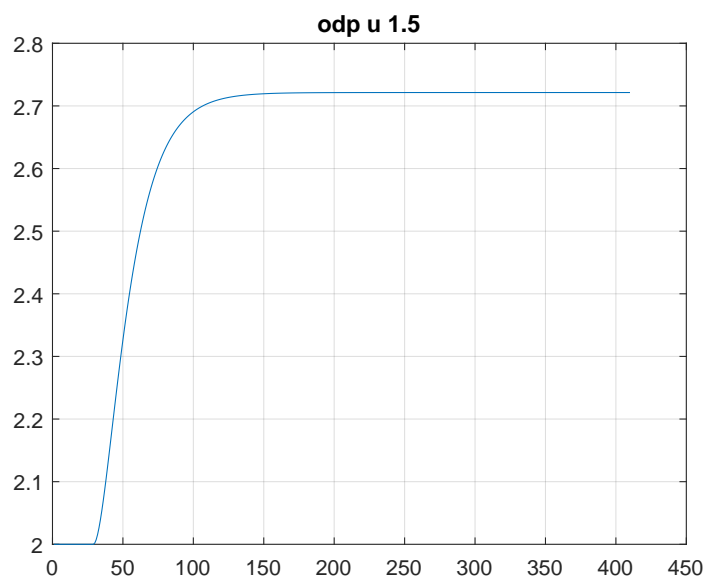
Rys. 1.1. rysunek 1



Rys. 1.2. rysunek 2



Rys. 1.3. rysunek 3



Rys. 1.4. rysunek 4

### 1.3. Przekształcenie otrzymanej odpowiedzi skokowej

Przekształcić jedną z otrzymanych odpowiedzi w taki sposób, aby otrzymać odpowiedź skokową wykorzystywaną w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  (przy skoku jednostkowym sygnału sterującego: od chwili  $k = 0$  włącznie sygnał sterujący ma wartość 1, w przeszłości jest zerowy). Zamieścić rysunek odpowiedzi skokowej.

### 1.4. Cyfrowy algorytm PID i DMC

Napisać i omówić program w języku Matlab do symulacji cyfrowego algorytmu PID oraz algorytmu DMC (w najprostszej wersji analitycznej) dla symulowanego procesu. Istniejące ograniczenia wartości sygnału sterującego oraz ograniczenie szybkości zmian tego sygnału gdzie  $4U_{\max} = 0,2$ , uwzględnić odpowiednio ograniczając (przycinając) wyznaczony przez regulator sygnał sterujący.

### 1.5. Dobór parametrów algorytmów PID i DMC

#### 1.5.1. Metoda inżynierska

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnału zadanego (kilka skoków o różnej amplitudzie) dobrać nastawy regulatora PID i parametry algorytmu DMC metoda eksperymentalna. Jakość regulacji oceniać jakościowo (na podstawie rysunków przebiegów sygnałów) oraz ilościowo, wyznaczając wskaźnik jakości regulacji  $E = \sum_{k=1}^{k_{\text{konc}}} X_k$  gdzie  $k_{\text{konc}}$  oznacza koniec symulacji (zawsze taki sam). Zamieścić wybrane wyniki symulacji (przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych procesu oraz wartości wskaźnika  $E$ ).

**1.5.2. Minimalizacja wskaźnika jakości regulacji**

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnału zadanego dobrać nastawy regulatora regulacji E. Omówić dobór parametrów optymalizacji. Zamieścić wyniki symulacji dla optymalnych regulatorów.

## 2. Laboratorium

### 2.1. Temperatura obiektu w punkcie pracy

Sprawdzić możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem - w szczególności sygnałów sterujących W1, G1 oraz pomiaru T1. Określić wartość pomiaru temperatury w punkcie pracy

### 2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowej procesu

Wyznaczyć odpowiedzi skokowe procesu dla trzech różnych zmian sygnału sterującego G1 rozpoczynając z punktu pracy. Narysować otrzymane przebiegi na jednym rysunku. Czy właściwości statyczne obiektu można określić jako (w przybliżeniu) liniowe? Jeśli tak wyznaczyć wzmocnienie statyczne procesu?

### 2.3. Przekształcenie otrzymanej odpowiedzi skokowej

Przekształcić jedną z otrzymanych odpowiedzi w taki sposób, aby otrzymać odpowiedź skokową wykorzystywaną w algorytmie DMC, tzn. zestaw liczb  $s_1, s_2, \dots$  (przy skoku jednostkowym sygnału sterującego: od chwili  $k = 0$  włącznie sygnał sterujący ma wartość 1, w przeszłości jest zerowy). Zamieścić rysunek odpowiedzi skokowej. Należy wykonać aproksymację odpowiedzi skokowej używając w tym celu członu inercyjnego drugiego rzędu z opóźnieniem (szczegóły w opisie znajdującym się na stronie przedmiotu). W celu doboru parametrów modelu wykorzystać optymalizację. Zamieścić rysunek porównujący odpowiedź skokową oryginalną i wersję aproksymowaną. Uzasadnić wybór parametrów optymalizacji.

### 2.4. Cyfrowy algorytm PID i DMC

Napisać program w języku Matlab do regulacji cyfrowego algorytmu PID oraz algorytmu DMC (w najprostszej wersji analitycznej) dla procesu stanowiska. Uwzględnić istniejące ograniczenia wartości sygnału sterującego

### 2.5. Dobór parametrów algorytmów PID i DMC

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnału zadanego (dwa skoki o różnej amplitudzie) dobrać nastawy regulatora PID i parametry algorytmu DMC metodą eksperymentalną. Omówić wyniki i ewentualne sposoby poprawy jakości regulacji. Jakość regulacji oceniać jakościowo (na podstawie rysunków przebiegów sygnałów) oraz ilościowo, wyznaczając wskaźnik jakości regulacji. Zamieścić wybrane wyniki pomiarów (przebiegi sygnałów wejściowych i wyjściowych procesu oraz wartości wskaźnika E).