

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego  
nr 2, zadanie nr 3

Wojciech Rokicki, Radosław Pietkun, Jakub Gruszecki

Warszawa, 2020

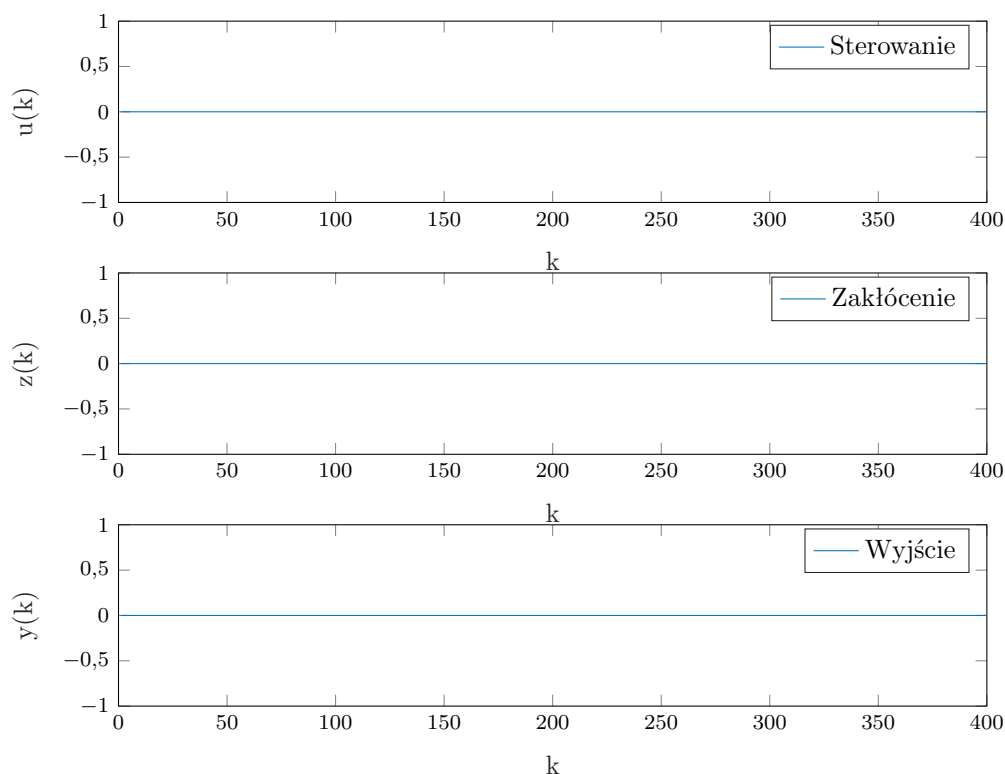
# Spis treści

<b>1. Sprawdzenie poprawności punktu pracy</b>	<b>2</b>
1.1. Poprawność wartości sygnałów w punkcie pracy	2
1.2. Wnioski	2
1.3. Implementacja	2
<b>2. Odpowiedzi skokowe i charakterystyka statyczna</b>	<b>3</b>
2.1. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych toru wejście-wyjście procesu	3
2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych toru zakłócenie-wyjście procesu	3
2.3. Charakterystyka statyczna	4
2.4. Wzmocnienie statyczne procesu	4
2.5. Implementacja	5
<b>3. Odpowiedzi skokowe dla algorytmu DMC</b>	<b>6</b>
3.1. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście procesu	6
3.2. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście procesu	6
3.3. Implementacja	7

# 1. Sprawdzenie poprawności punktu pracy

## 1.1. Poprawność wartości sygnałów w punkcie pracy

W celu sprawdzenia poprawności wartości sygnałów  $U_{pp}$ ,  $Z_{pp}$  oraz  $Y_{pp}$  obiekt został pobudzony sygnałami o wartościach:  $U_{pp} = 0$  i  $Z_{pp} = 0$ . Wartości sygnałów w punkcie pracy będą poprawne, jeśli sygnał wyjściowy przyjmie wartość  $Y_{pp} = 0$ .



Rys. 1.1. Przebiegi sygnałów  $u(k)$ ,  $z(k)$ ,  $y(k)$  w punkcie pracy

## 1.2. Wnioski

Na podstawie rysunku 1.1 widać, że dla stałej wartości sygnału sterującego  $U_{pp} = 0$  oraz stałej wartości sygnału zakłócenia  $Z_{pp} = 0$  wyjście obiektu przyjmuje stałą wartość, równą  $Y_{pp} = 0$ . Jest to dowód na to, że podane wartości sygnałów wejściowego, zakłócenia oraz wyjściowego w punkcie pracy są poprawne.

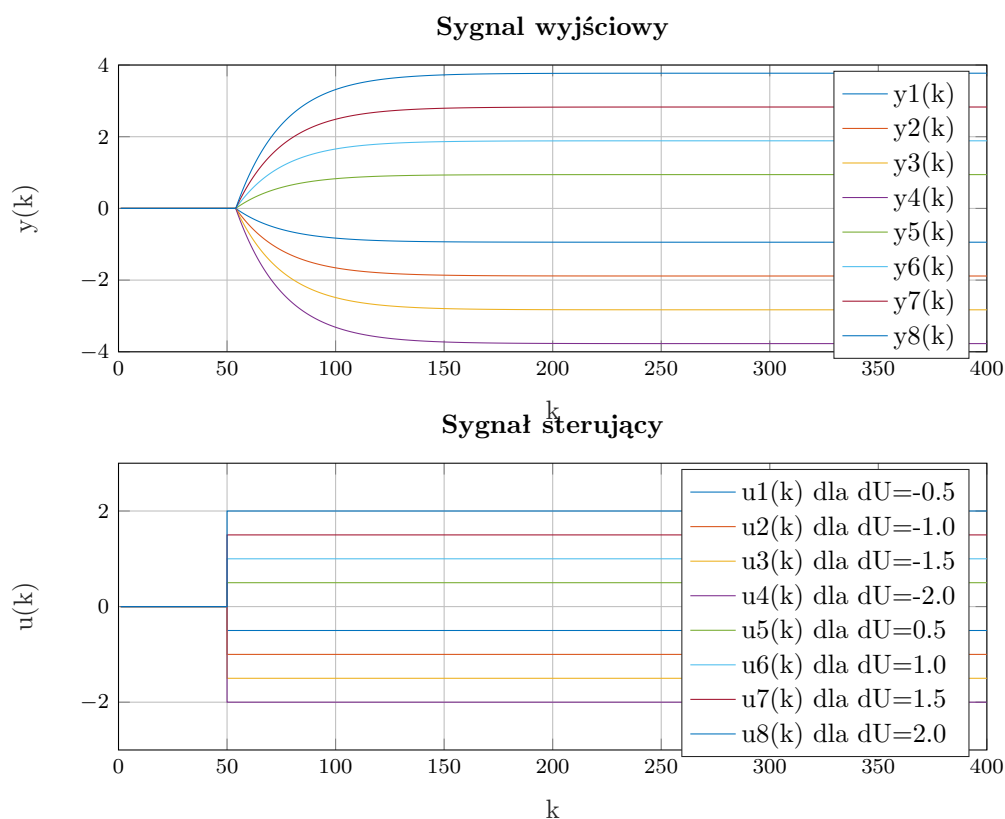
## 1.3. Implementacja

Do przeprowadzenia eksperymentu wykorzystany został skrypt `zad1.m`.

## 2. Odpowiedzi skokowe i charakterystyka statyczna

### 2.1. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych toru wejście-wyjście procesu

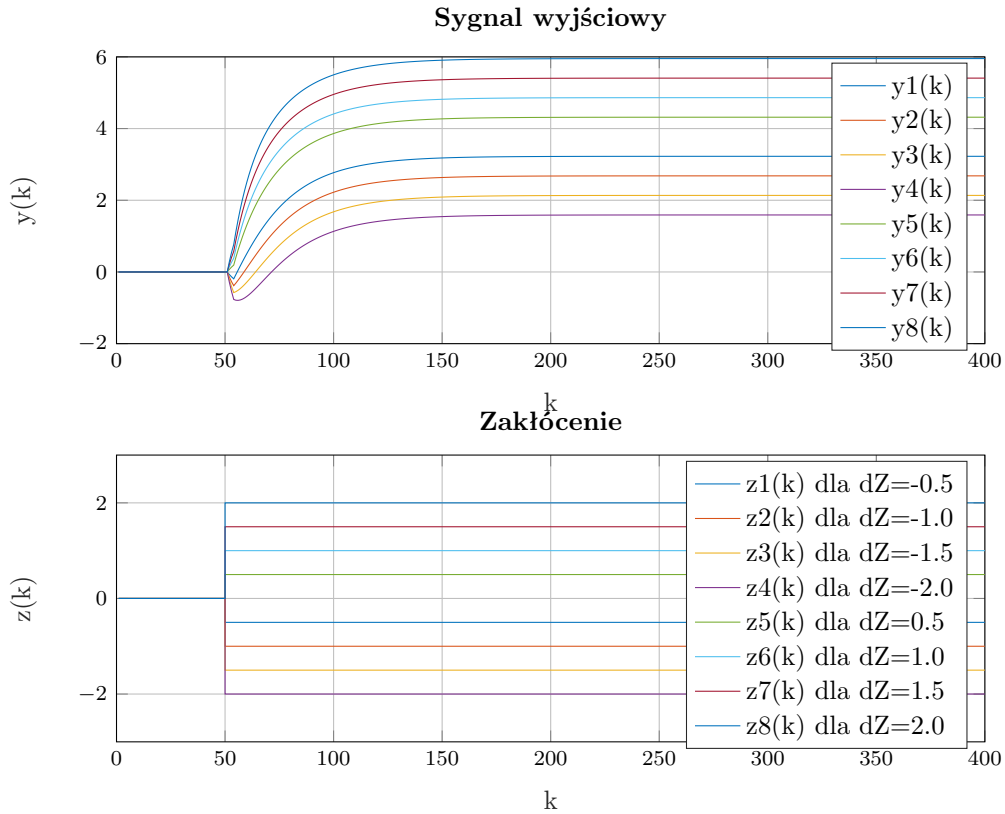
W celu wyznaczenia odpowiedzi skokowych obiekt był pobudzany, w punkcie pracy, różnymi skokami sygnału sterującego w chwili  $k = 50$ . Przeprowadzono osiem testów dla różnych wartości skoków. Uzyskane odpowiedzi skokowe wraz z odpowiadającymi im przebiegami sygnału sterowania przedstawiono na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Odpowiedzi skokowe toru wejście-wyjście procesu

### 2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych toru zakłócenie-wyjście procesu

W celu wyznaczenia odpowiedzi skokowych obiekt był pobudzany, w punkcie pracy, różnymi skokami sygnału zakłócenia w chwili  $k = 50$ . Przeprowadzono osiem testów dla różnych wartości skoków. Uzyskane odpowiedzi skokowe wraz z odpowiadającymi im przebiegami sygnału zakłócenia przedstawiono na rys. 2.2.



Rys. 2.2. Odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście procesu

### 2.3. Charakterystyka statyczna

W celu wyznaczenia charakterystyki statycznej procesu wyznaczono odpowiedź układu w stanie ustalonym dla pobudzeń różnymi wartościami sygnału sterującego i zakłócenia. Zebrane wyniki przedstawiono na rys. 2.3.

### 2.4. Wzmocnienie statyczne procesu

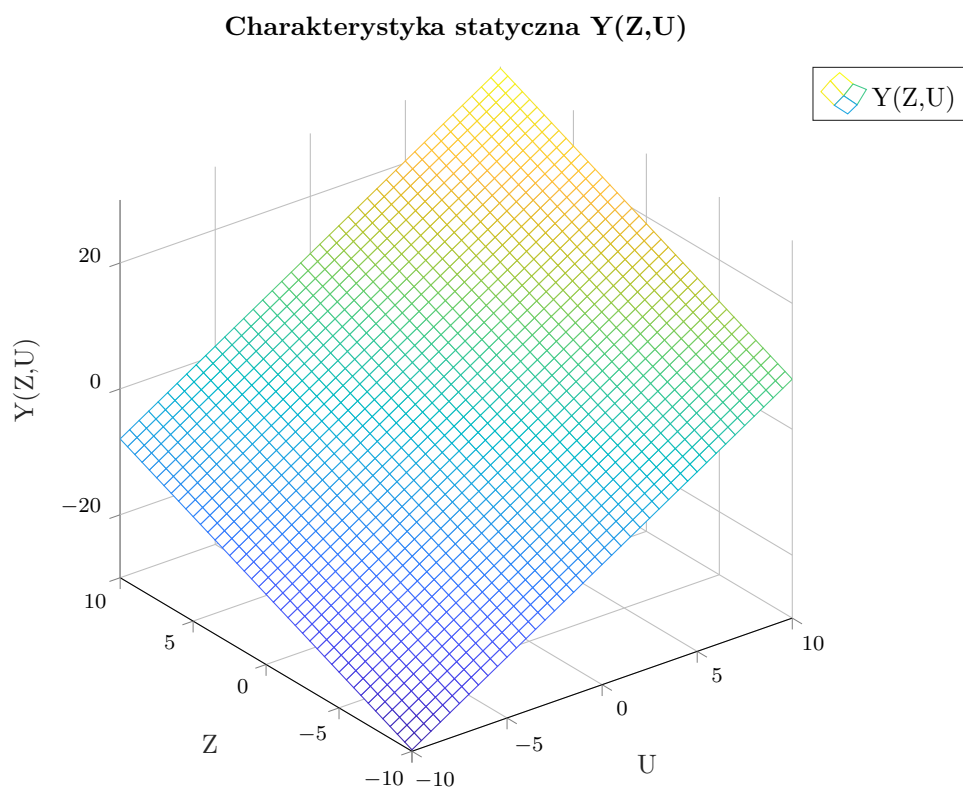
Na podstawie rys. 2.3 można powiedzieć, że obiekt jest w przybliżeniu liniowy. Można zatem wyznaczyć wzmocnienie statyczne obu torów procesu. Wzmocnienie statyczne toru  $U - Y$  dla danego zakłócenia  $Z$  można obliczyć na podstawie wzoru:

$$K_{\text{stat}_{uy}} = \frac{Y(Z, U_{\max}) - Y(Z, U_{\min})}{U_{\max} - U_{\min}} \quad (2.1)$$

Natomiast wzmocnienie statyczne toru  $Z - Y$  dla danego sterowania  $U$  można obliczyć ze wzoru:

$$K_{\text{stat}_{zy}} = \frac{Y(Z_{\max}, U) - Y(Z_{\min}, U)}{Z_{\max} - Z_{\min}} \quad (2.2)$$

Dla danego procesu wzmocnienie statyczne toru  $U - Y$  wynosi  $K_{\text{stat}_{uy}} = 1,8857$ , a wzmocnienie statyczne toru  $Z - Y$  wynosi  $K_{\text{stat}_{zy}} = 1,0906$ .



Rys. 2.3. Charakterystyka statyczna procesu

## 2.5. Implementacja

Implementacje funkcji wykorzystanych do wykonania zadania zawarte są w skryptach `zad2.m` oraz `zad2_char_stat.m`.

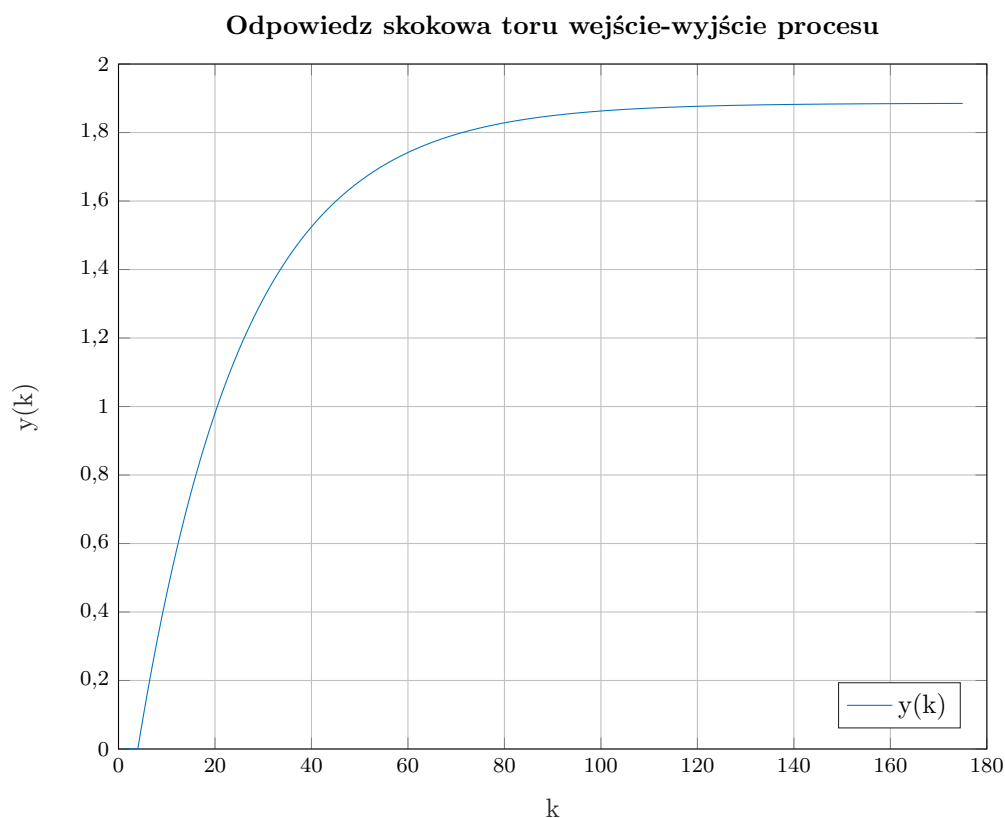
### 3. Odpowiedzi skokowe dla algorytmu DMC

#### 3.1. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyście procesu

Do wyznaczania odpowiedzi skokowej toru  $U - Y$  dla algorytmu DMC wybrana została odpowiedź procesu dla jednostkowej zmiany sygnału sterującego:

$$u(k) = \begin{cases} 0 & \text{dla } k < 0 \\ 1 & \text{dla } k \geq 0 \end{cases}$$

W trakcie symulacji sygnał zakłócenia miał cały czas wartość zerową, odpowiadającą wartości z punktu pracy. Otrzymaną odpowiedź skokową przedstawiono na rys. 3.1.



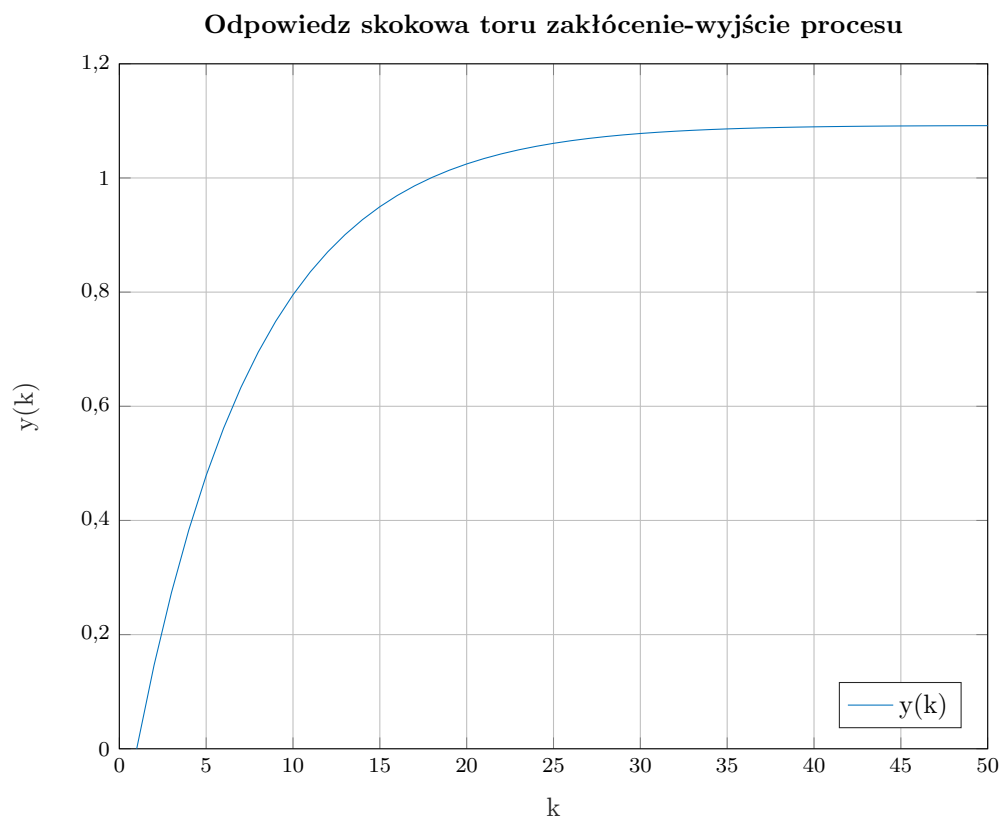
Rys. 3.1. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście procesu dla algorytmu DMC

#### 3.2. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście procesu

Do wyznaczania odpowiedzi skokowej toru  $Z - Y$  dla algorytmu DMC wybrana została odpowiedź procesu dla jednostkowej zmiany sygnału zakłócenia:

$$z(k) = \begin{cases} 0 & \text{dla } k < 0 \\ 1 & \text{dla } k \geq 0 \end{cases}$$

W trakcie symulacji sygnał sterujący miał cały czas wartość zerową, odpowiadającą wartości z punktu pracy. Otrzymaną odpowiedź skokową przedstawiono na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście procesu dla algorytmu DMC

### 3.3. Implementacja

Implementacje funkcji wykorzystanych do wykonania zadania są zawarte w skryptach `zad_skokU.m` oraz `zad_skokZ.m`.