

**Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska**

**Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)**

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

**Mateusz Koroś, Ksawery Pasikowski, Mateusz Morusiewicz**

**Warszawa, 2017**

## Spis treści

1. Zadanie 1. . . . .	2
2. Zadanie 2. . . . .	3
3. Zadanie 3. . . . .	5
4. Zadanie 4. . . . .	7
5. Zadanie 5. . . . .	8
6. Zadanie 6. . . . .	9
7. Zadanie 7. . . . .	10

## 1. Zadanie 1.

Poprawność punktu pracy została sprawdzona poprzez sprawdzenie, czy obiekt, będący w punkcie pracy pozostanie w nim, jeśli wartości sterowania i zakłóceń pozostaną takie same (tzn.  $u = 0, z = 0$ ). Zostało to wykonane za pomocą komendy:

```
y_ust = symulacja_obiektu3y(0, 0, 0, 0, 0, 0);
```

## 2. Zadanie 2.

Zarówno sterowanie, jak i zakłócenie zostały wzbudzone do wartości:

- 0,8
- 0,4
- -0,4
- -0,8

Odpowiedzi skokowe dla toru wejście-wyjście widać na rysunku 2.1 a dla toru zakłócenie-wyjście na rysunku 2.2.

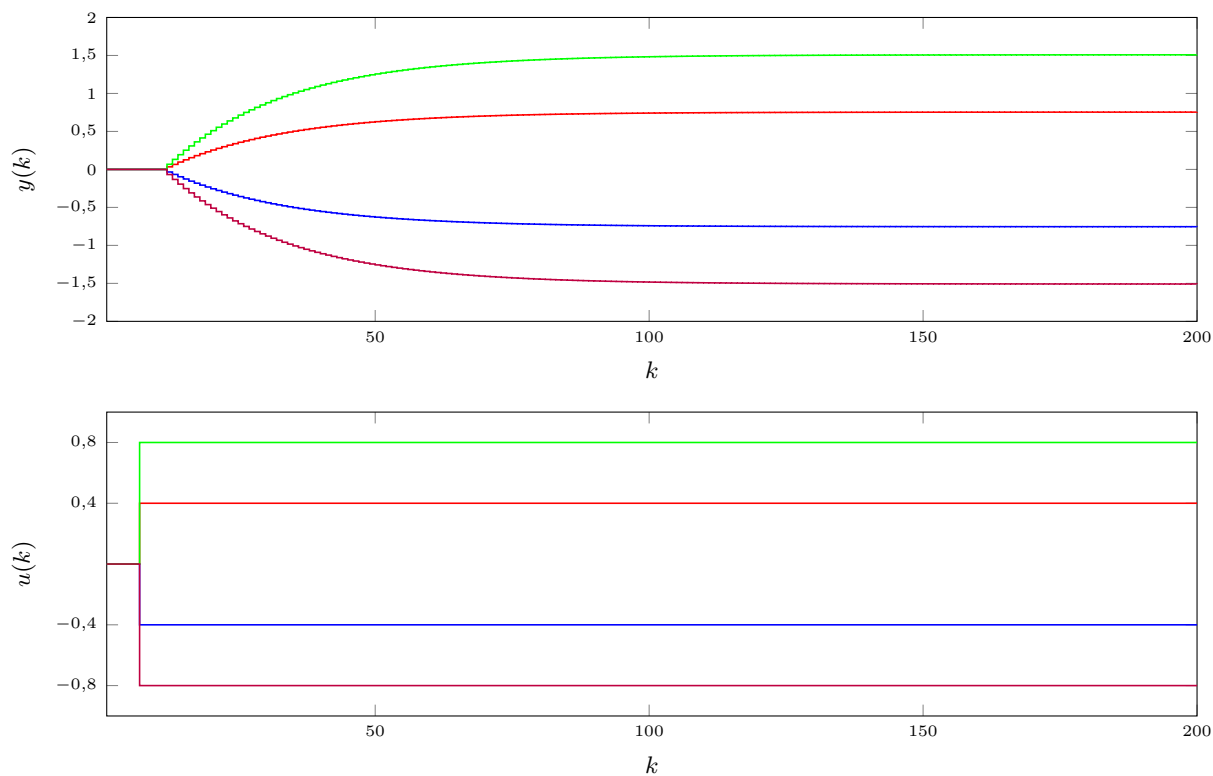
Charakterystykę statyczną  $y(u, z)$  procesu przedstawia wykres 2.3

Z charakterystyki widać, że właściwości statyczne procesu są liniowe. Właściwości dynamiczne również, stąd możemy obliczyć wzmocnienie statyczne toru wejście-wyjście:

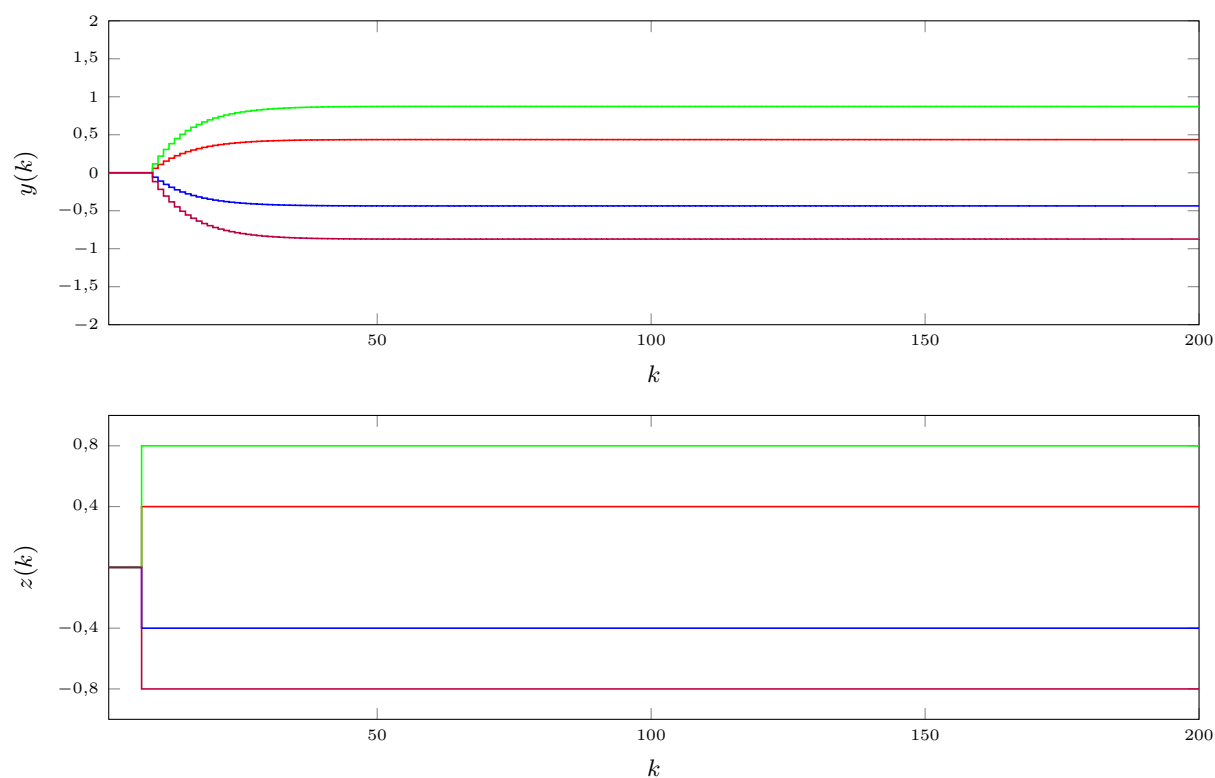
$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = 1,8737$$

oraz wzmocnienie statyczne toru zakłócenie-wyjście:

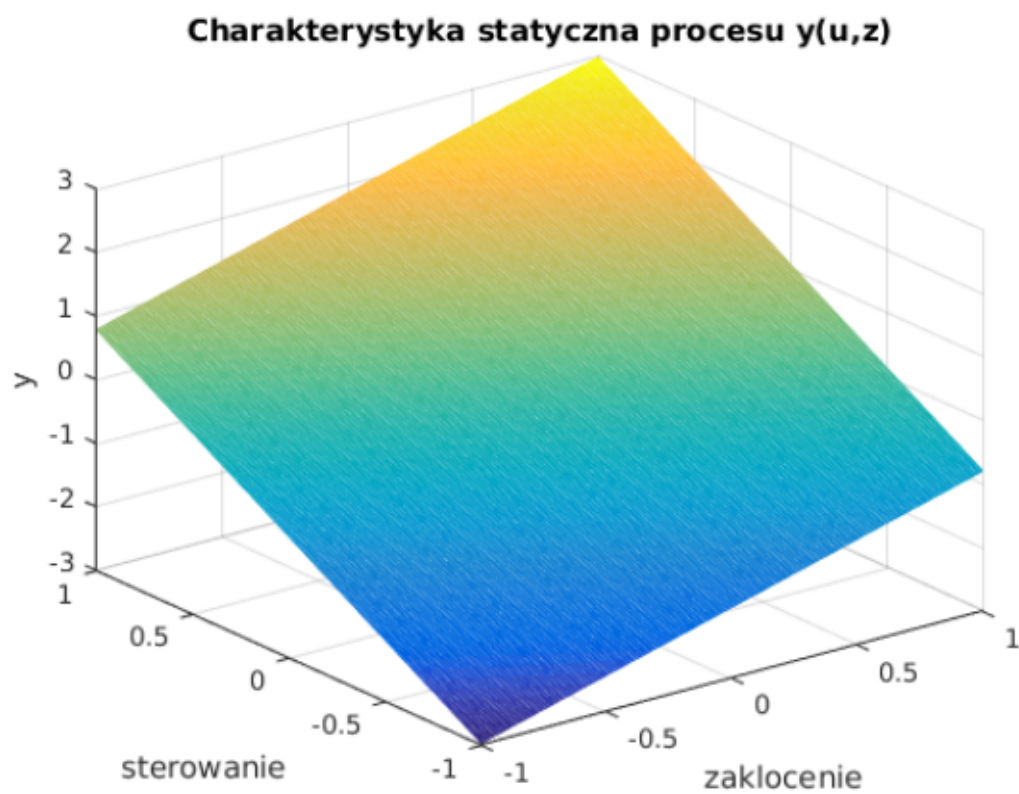
$$K = \frac{\Delta y}{\Delta z} = 1,0837$$



Rys. 2.1. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście



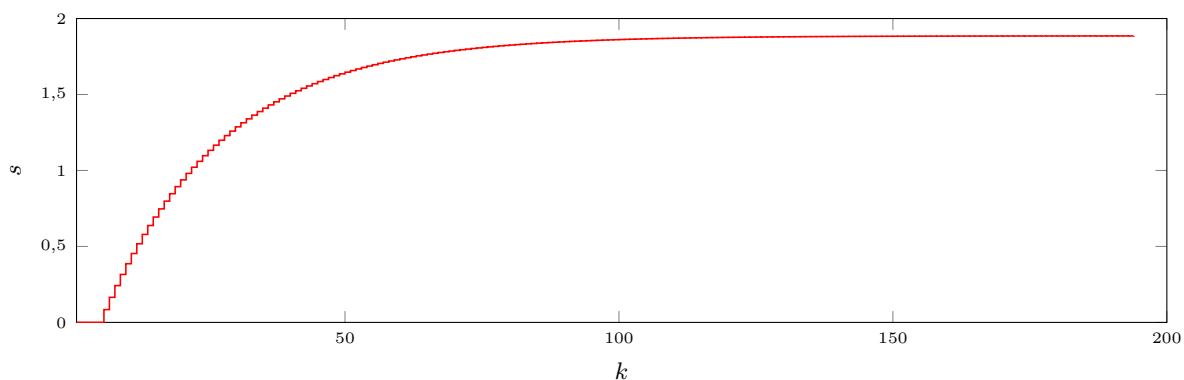
Rys. 2.2. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyście



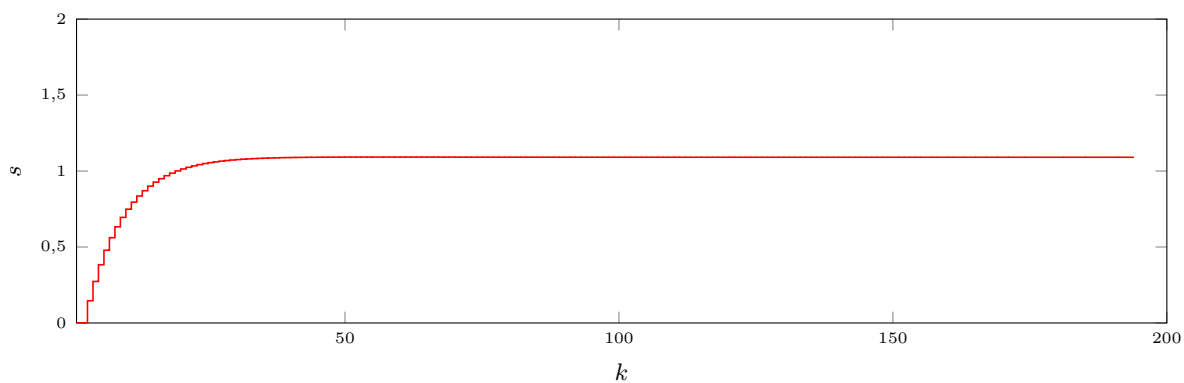
Rys. 2.3. Charakterystyka statyczna procesu

### 3. Zadanie 3.

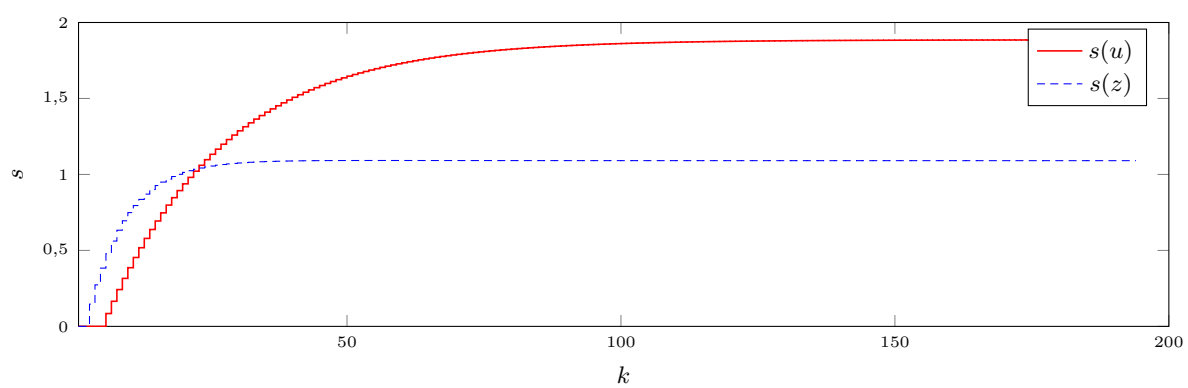
Znormalizowana odpowiedź skokowa (dla skoku jednostkowego) toru wejście-wyjście widoczna jest na rysunku 3.1, natomiast toru zakłócenie-wyjście na rysunku 3.2. Porównanie obu odpowiedzi widać na rysunku 3.3. Zostaną one wykorzystane do wyznaczenia parametrów algorytmu DMC. W szczególności odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście zostanie wykorzystana w algorytmie, uwzględniającym zakłócenia, który powinien być bardziej niezawodny niż klasyczny algorytm.



Rys. 3.1. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście



Rys. 3.2. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście



Rys. 3.3. Porównanie obu odpowiedzi

## 4. Zadanie 4.

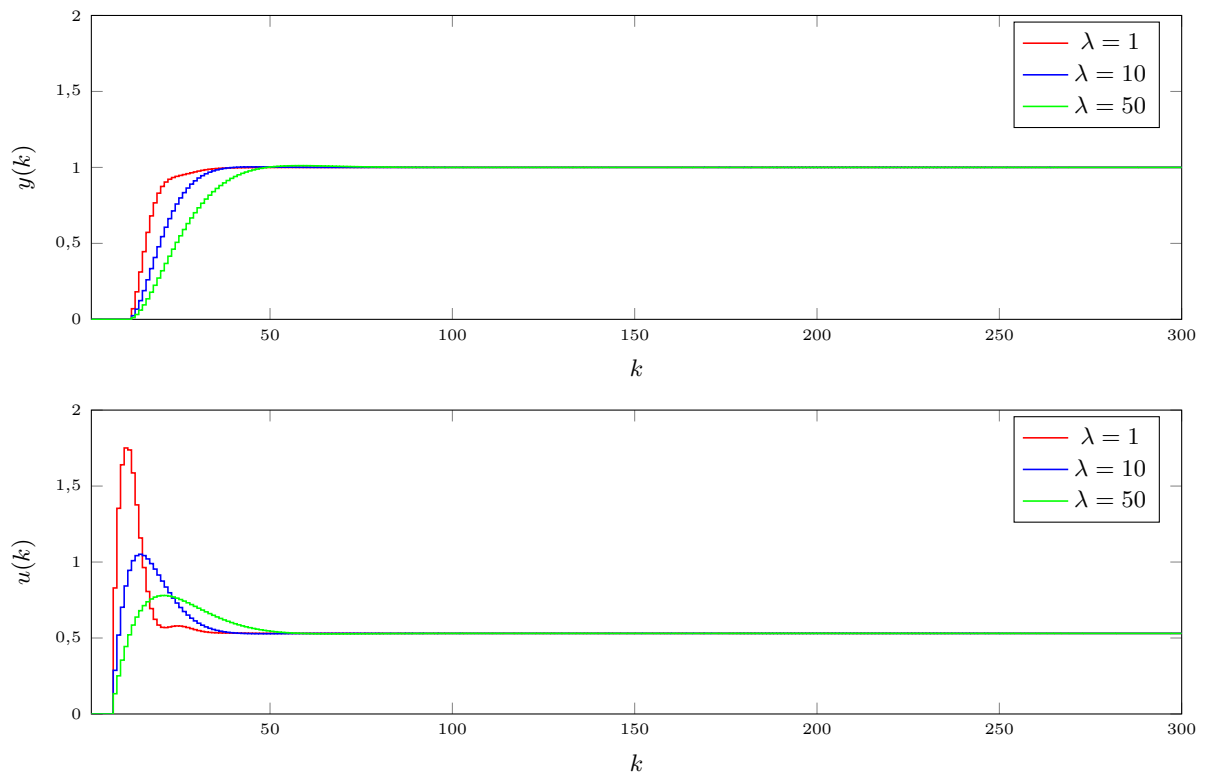
Na rysunku 4.1 przedstawiono wyniki symulacji algorytmu DMC dla różnych wartości parametrów  $\lambda$  przy  $D = N = N_u = 200$ , gdyż dla takich horyzontów jakość regulacji powinna być teoretycznie najlepsza. Jakość regulacji była oceniana na podstawie rysunków oraz poprzez wyznaczenie wskaźnika regulacji:

$$E = \sum_{k=1}^{k_{konc}} (y^{zad}(k) - y(k))^2 = (Y_{zad} - Y)(Y_{zad} - Y)'$$

Wskaźnik regulacji dla różnych parametrów współczynnika  $\lambda$  wynosił odpowiednio:

- $\lambda = 1 \Rightarrow E = 13,7338$
- $\lambda = 10 \Rightarrow E = 16,5938$
- $\lambda = 50 \Rightarrow E = 19,9102$

Jak widać, regulator o parametrze  $\lambda = 1$  miał najmniejszy błąd oraz najszybciej dochodził do wartości zadanej, miał jednak bardzo duży skok sterowania w przeciwieństwie do regulatora o  $\lambda = 50$ , którego wydatek energetyczny był niewielki, jednak błąd oraz czas regulacji dość duże. Kompromisem między tymi regulatorami było ustawienie wartości  $\lambda = 10$ . W zależności od pożądanej cechy obiektu należałoby dobrać regulator, który jak najbardziej spełnia wymagania. Gdyby zależało nam na jak najszybszej regulacji, wybralibyśmy regulator o  $\lambda = 1$ , jednak gdyby priorytetem było stabilne sterowanie, bez nagłych skoków, lepszym wyborem byłby ten o  $\lambda = 50$ .

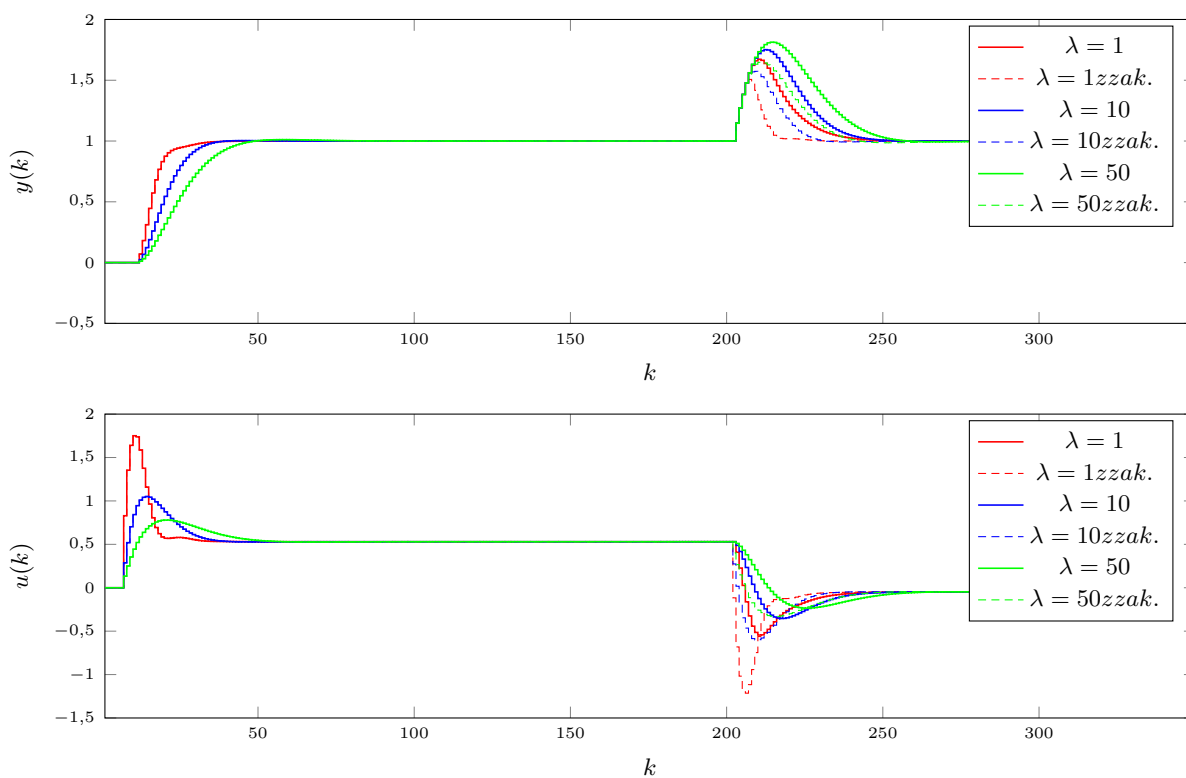


Rys. 4.1. Symulacja algorytmu DMC dla różnych wartości parametrów



## 5. Zadanie 5.

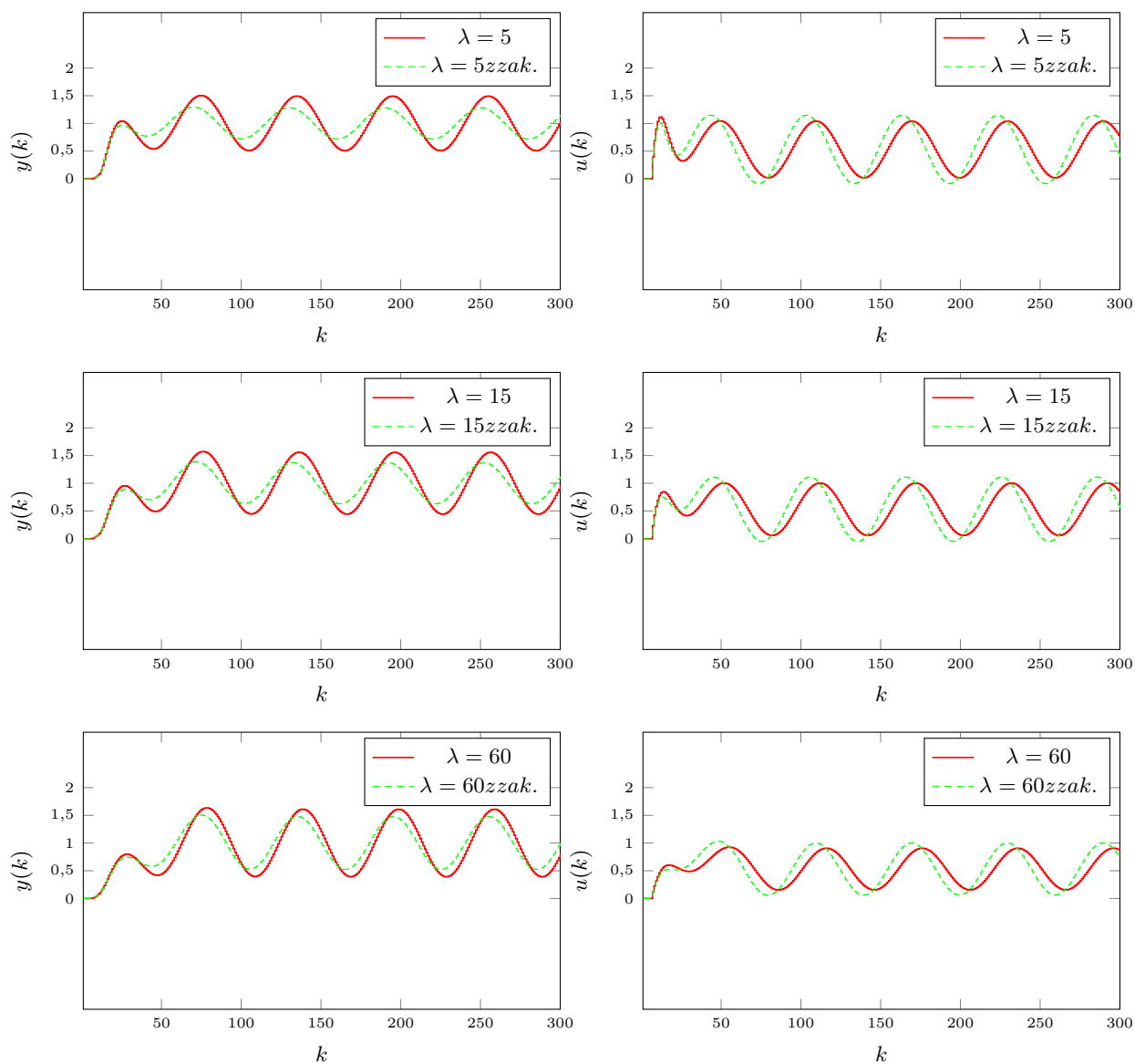
Wyniki symulacji, podczas której następuje skokowa zmiana sygnału zakłócenia widać na rysunku 5.1. Zmiana nastąpiła w momencie ustabilizowania się układu po skoku wartości sterowania. Na wykresach widać, że algorytm, uwzględniający zakłócenia (linia przerywana) radzi sobie lepiej, niż klasyczny dmc, gdyż powrót do wartości zadanej następuje dużo szybciej. Parametr  $D^z$ , tj. chwila, w której układ stabilizuje się po skoku wartości zakłócenia wynosi ok. 80, jednak w zależności od parametru  $\lambda$  może być dużo niższy.



Rys. 5.1. Symulacja algorytmu DMC dla skoku zakłócenia

## 6. Zadanie 6.

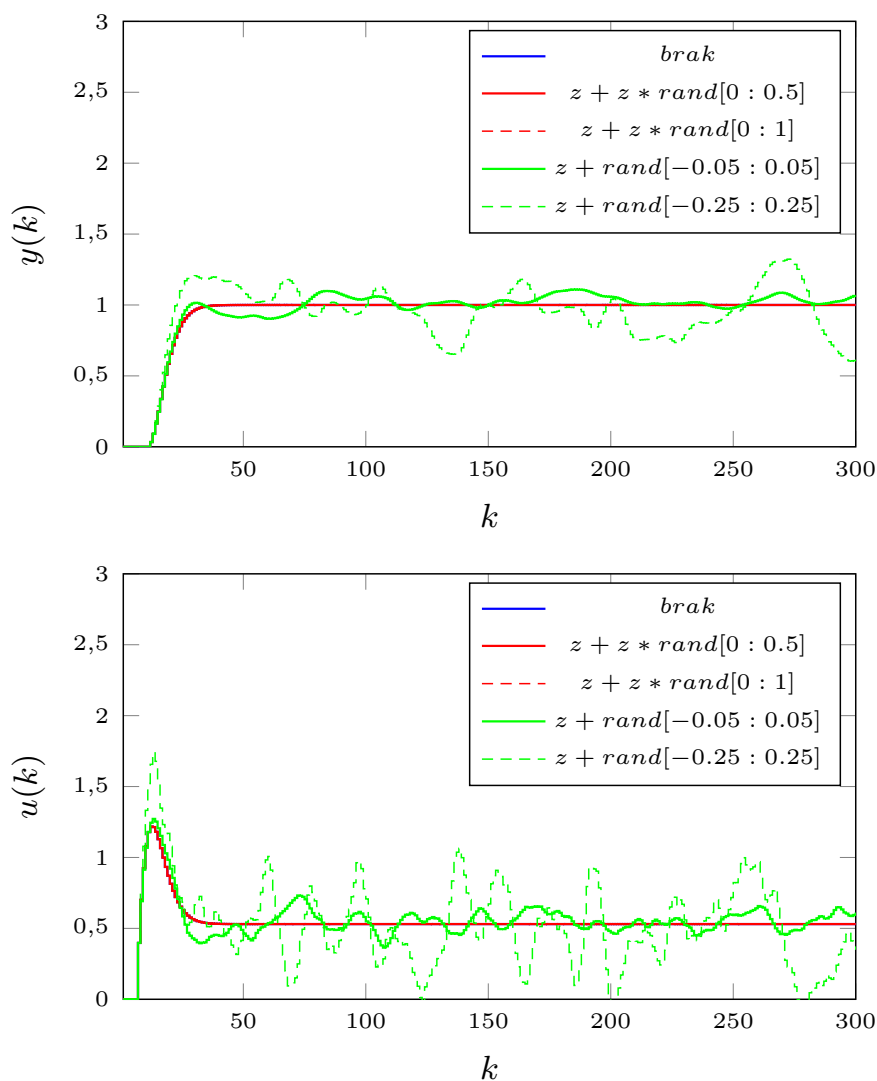
Działanie algorytmów przy zakłóceniu zmiennym sinusoidalnie widać na rysunku 6.1. Jest to zakłócenie bardzo trudne do wyrównania, stąd oba algorytmy nie nadały z powrotem do wartości zadanej. Widać jednak, że uwzględnienie zakłóceń w algorytmie spowodowało znaczną poprawę regulacji - co prawda wykres wyjścia jest dalej sinusoidą, jednak o wyraźnie niższej amplitudzie. Świadczy to o tym, że, w przypadku gdy obiekt jest narażony na zakłócenia, warto zastosować ten regulator zamiast klasycznego DMC.



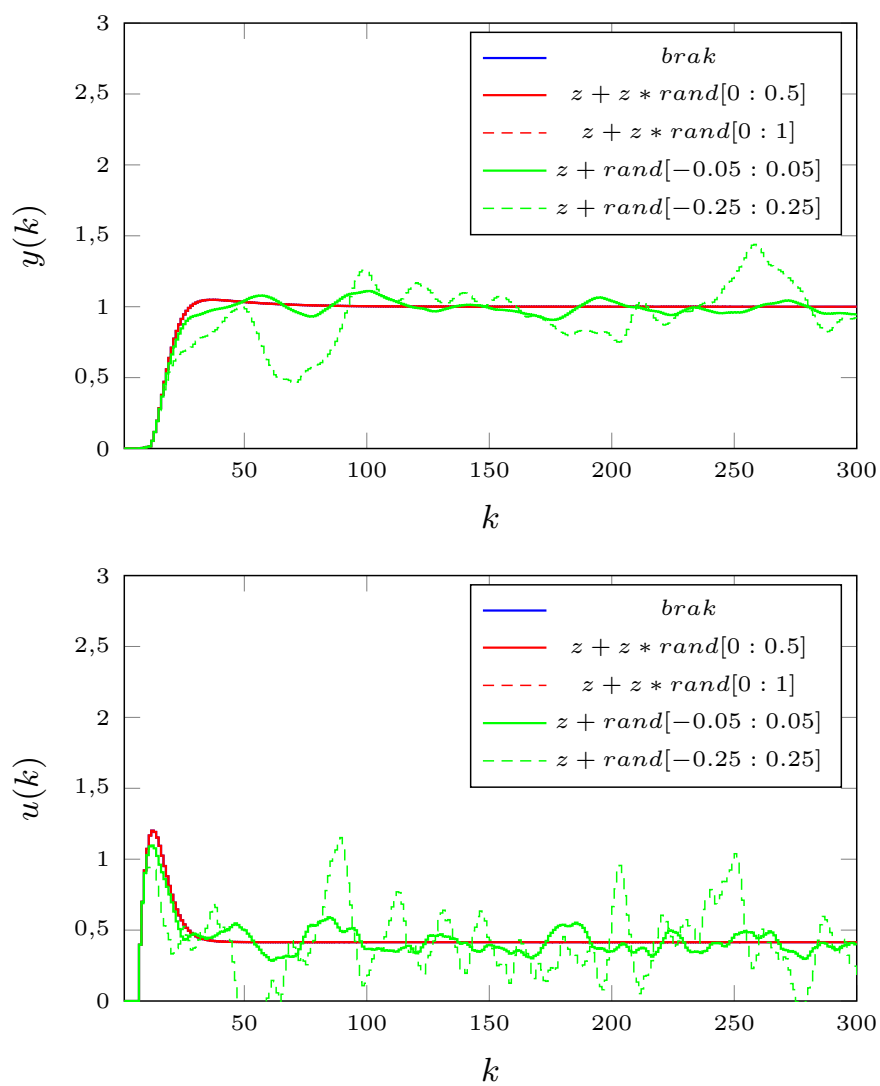
Rys. 6.1. Symulacja algorytmu DMC dla skoku zakłócenia

## 7. Zadanie 7.

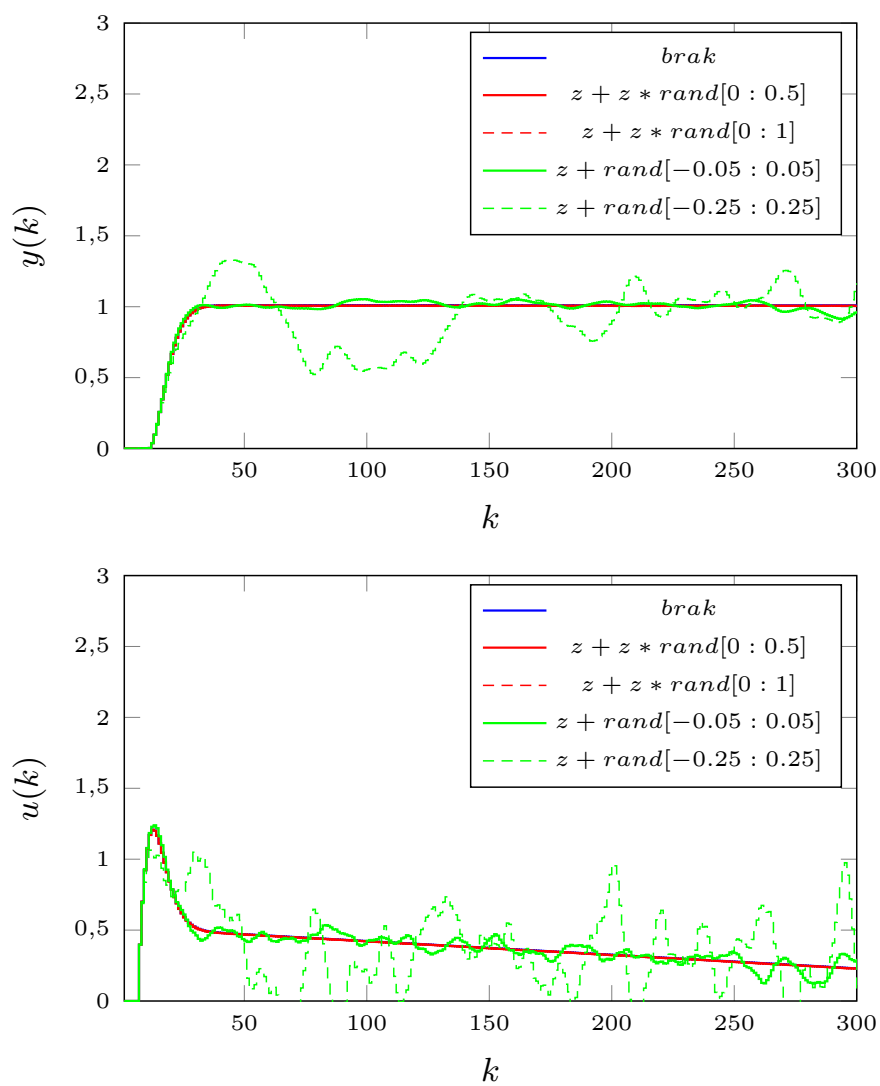
Odporność algorytmu przy parametrach  $D = D^z = N = N_u = 200$  oraz  $\lambda = 5$  zbadano dla zerowego zakłócenia (rysunek 7.1), stałej niezerowej wartości zakłócenia, w tym przykładzie równej 0,2 (rysunek 7.2) oraz zakłócenia rosnącego liniowo (rysunek 7.3). Zbadano też różne rodzaje szumów. Jak widać regulator nie radzi sobie tylko przy dużym bezwzględnym szumie.



Rys. 7.1. Symulacja algorytmu DMC dla przy szumie pomiarowym i zerowym zakłóceniu



Rys. 7.2. Symulacja algorytmu DMC dla przy szumie pomiarowym i stałym niezerowym zakłóceniu



Rys. 7.3. Symulacja algorytmu DMC dla przy szumie pomiarowym i zakłóceniu rosnącym liniowo