

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego
nr 1, zadanie nr 4

Piotr Chachuła, Cezary Dudkiewicz, Piotr Roszkowski

Warszawa, 2019

Spis treści

I. Projekt

1. Weryfikacja punktu pracy	3
1.1. Opis postępowania	3
1.2. Wyniki	3
2. Odpowiedzi skokowe	4
2.1. Wyznaczanie odpowiedzi skokowych	4
2.2. Wyznaczanie charakterystyki statycznej procesu	4
2.3. Wzmocnienie statyczne	4
3. Wyznaczanie odpowiedzi skokowych	7
4. Regulator DMC	9
4.1. Algorytm działania	9
4.2. Strojenie regulatora DMC	9
5. Zakłócenie w regulatorze DMC	11
5.1. Dobór parametru D_z	11
5.2. Omówienie wyników	13
6. Zakłócenie sinusoidalne	14

II. Laboratoria

Część I

Projekt

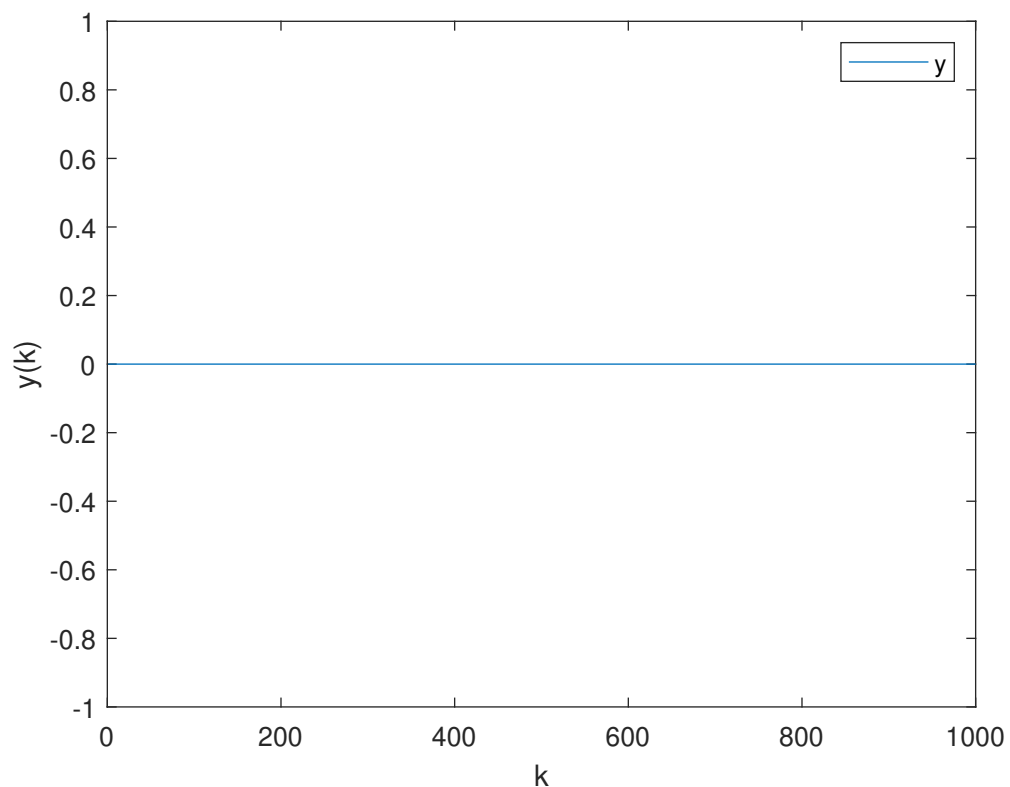
1. Weryfikacja punktu pracy

1.1. Opis postępowania

W celu sprawdzenia poprawności wartości sygnałów u , y oraz z pobudzono obiekt sterowaniem o wartości $u = 0,0$, zakłóceniem $z = 0,0$ i sprawdzaniu czy stabilizuje się on w punkcie pracy $y = 0,0$. Do symulacji wyjścia obiektu użyto udostępnionej funkcji `symulacja_obiektu4y`. Do testów napisano skrypt `Zad1.m`. Wyniki przedstawiono poniżej.

1.2. Wyniki

Zgodnie z przewidywaniami wyjście obiektu ustaliło się na wartości $y = 0,0$. Punkt pracy ustalony jest więc poprawnie.



Rys. 1.1. Odpowiedź obiektu na sterowaniu $u = 0,0$ i zakłócenie $z = 0,0$

2. Odpowiedzi skokowe

2.1. Wyznaczanie odpowiedzi skokowych

W celu wyznaczenia odpowiedzi skokowej obiekt, znajdujący się w punkcie pracy (tzn. $u = 0,0$, $z = 0,0$, $y = 0,0$) pobudzony zostaje skokową wartością sterowania/zakłócenia. Rysunek 2.1 oraz 2.2 przedstawia odpowiedź obiektu na dane skoki.

2.2. Wyznaczanie charakterystyki statycznej procesu

Aby wyznaczyć charakterystykę statyczną procesu przeprowadzono analogiczne działania co w rozdziale 1. Tym razem przy użyciu skryptu `Zad2.m` dla wielu wartości u oraz z wyznaczono odpowiadające im y oraz z ich pomocą utworzono wykres 2.2. Jak widać charakterystyka statyczna obiektu jest liniowa, a co za tym idzie obiekt jest liniowy.

2.3. Wzmocnienie statyczne

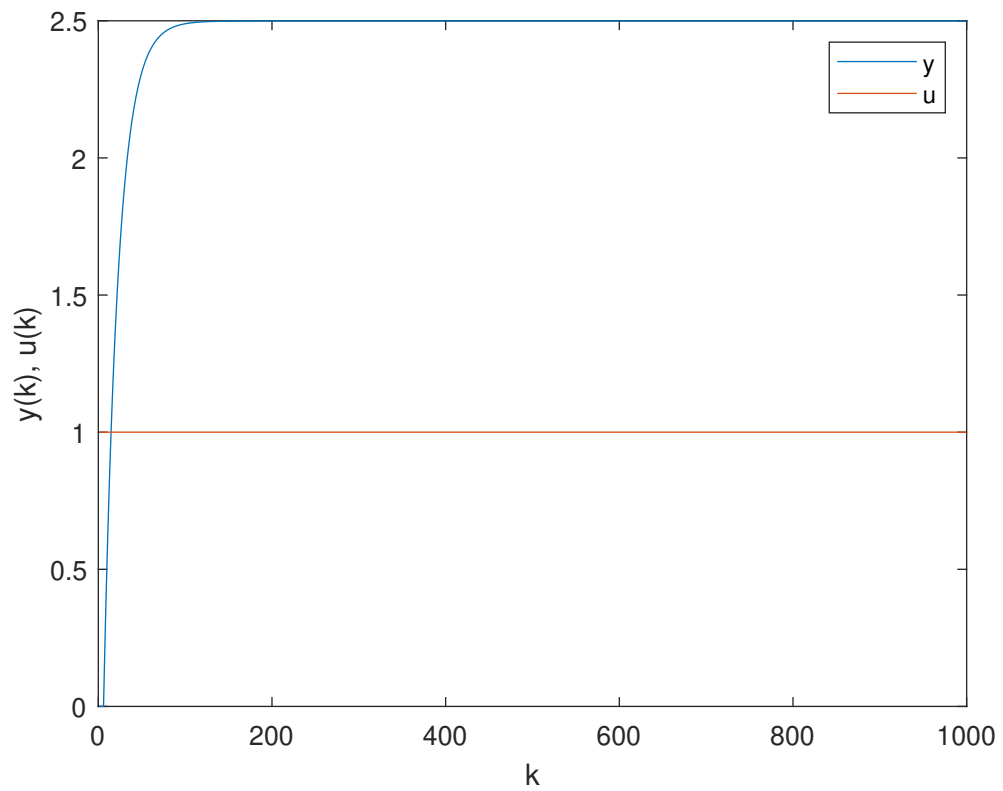
Wzmocnienie statyczne, czyli stosunek pomiędzy zmianą wartości wyjścia i zmianą wartości wejścia w stanie ustalonym. Aby ją wyznaczyć można na przykład znaleźć nachylenie charakterystyki statycznej do osi OU lub OZ , czyli np.:

$$K_{\text{stat}_u} = \frac{y(u_{\max}) - y(u_{\min})}{u_{\max} - u_{\min}} \quad (2.1)$$

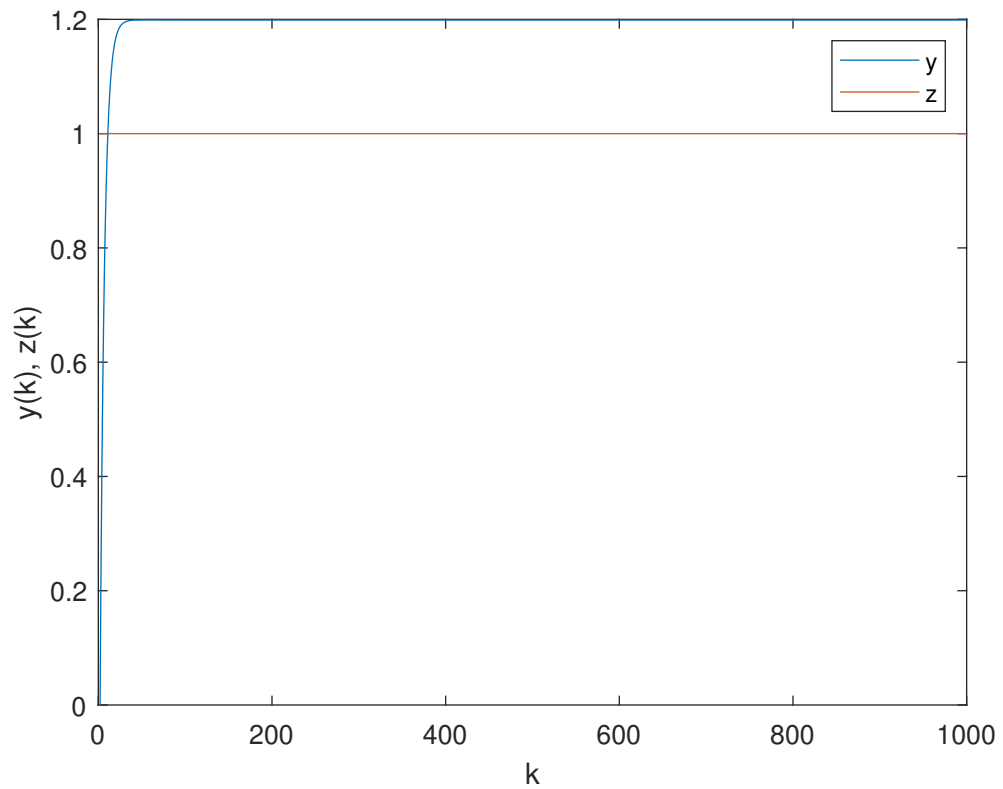
W przypadku tak wykreślonej charakterystyki, wzmocnienie statyczne jest równe tangensowi kąta α pomiędzy prostą a osią OU .

$$K_{\text{stat}_u} = \frac{24.9903 - 0}{10 - 0} \approx 2.5 \quad (2.2)$$

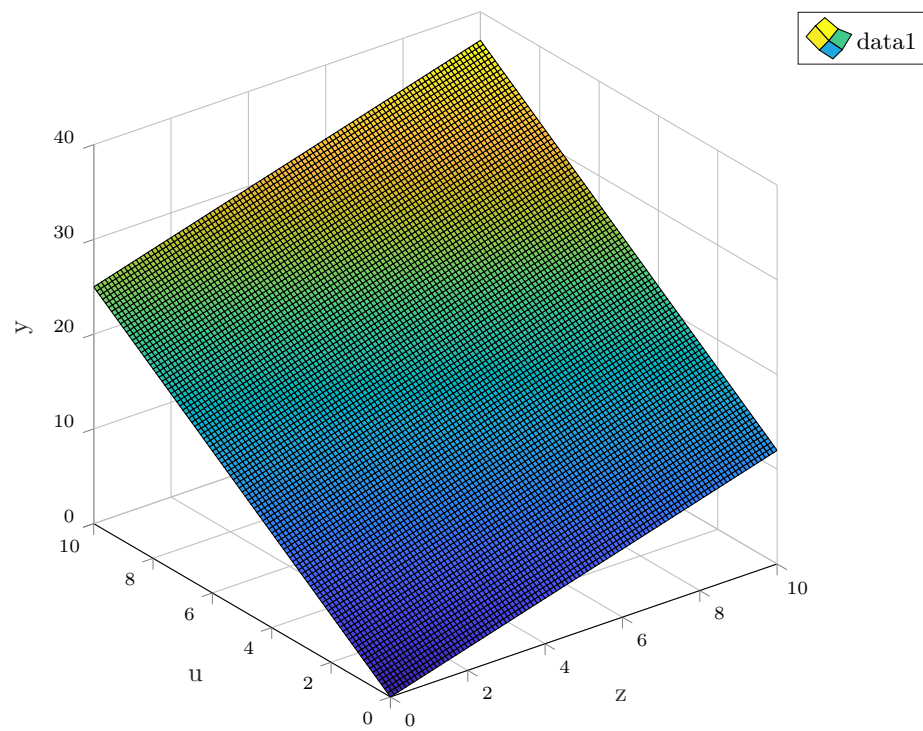
$$K_{\text{stat}_z} = \frac{11.9884 - 0}{10 - 0} \approx 1.2 \quad (2.3)$$



Rys. 2.1. Odpowiedz procesu na skokową zmianę sterowania

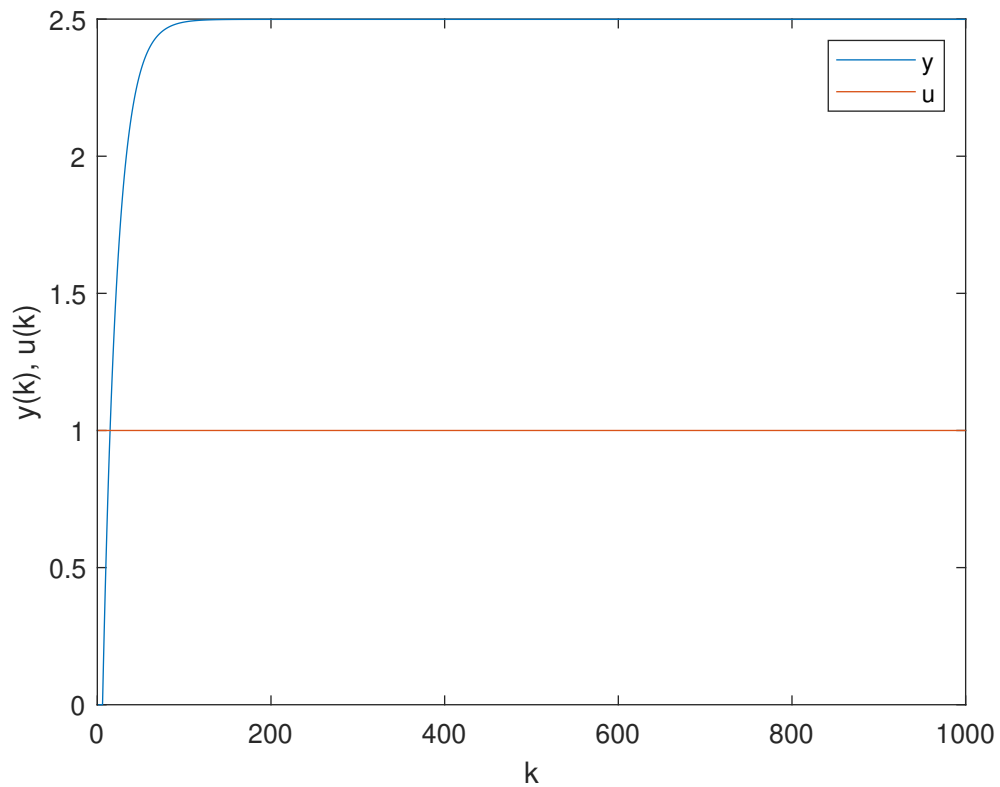


Rys. 2.2. Odpowiedz procesu na skokową zmianę zakłócenia

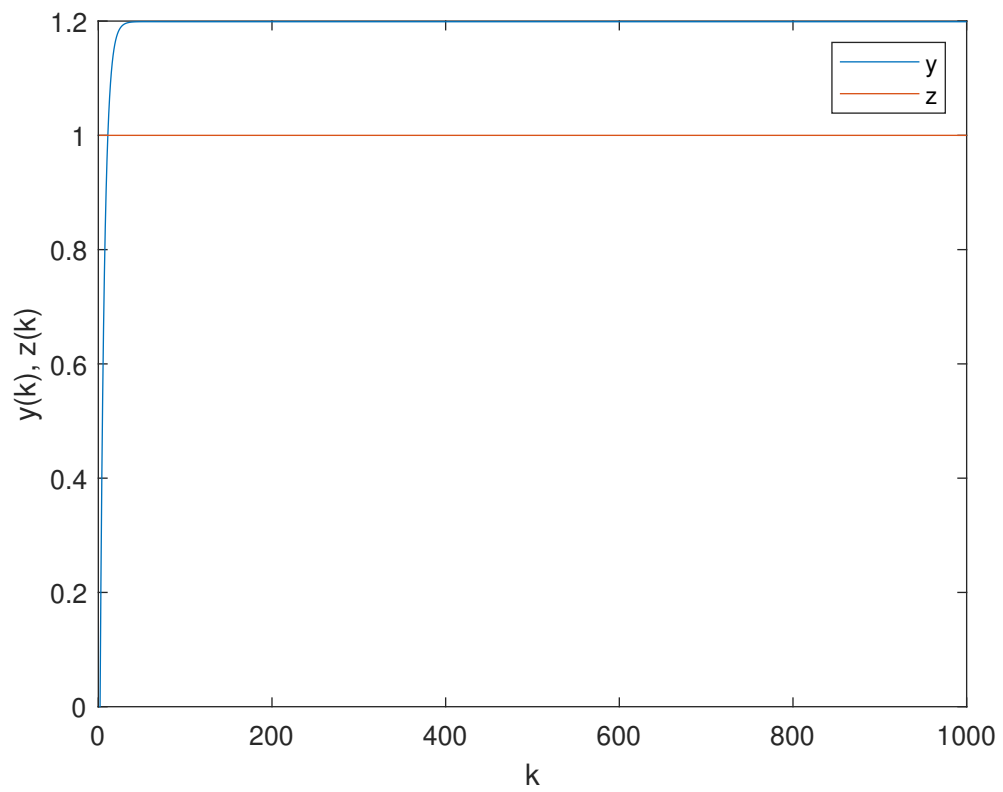
Rys. 2.3. Charakterystyka statyczna $y(u, z)$ symulowanego procesu

3. Wyznaczanie odpowiedzi skokowych

Odpowiedź skokowa w algorytmie DMC oznacza odpowiedź obiektu na jednostkowy skok sterowania. Wyznacza się ją poprzez albo pobudzenie obiektu takim właśnie skokiem jednostkowym, albo, gdy jest to niemożliwe, jakimkolwiek innym i normalizowanie jej. W naszym przypadku nic nie stoi na przeszkodzie aby od razu pobudzić obiekt takimi właśnie sygnałami.



Rys. 3.1. Odpowiedź skokowa obiektu pobudzonego jednostkowym skokiem sterowania u

Rys. 3.2. Odpowiedź skokowa obiektu pobudzonego jednostkowym skokiem sterowania z

4. Regulator DMC

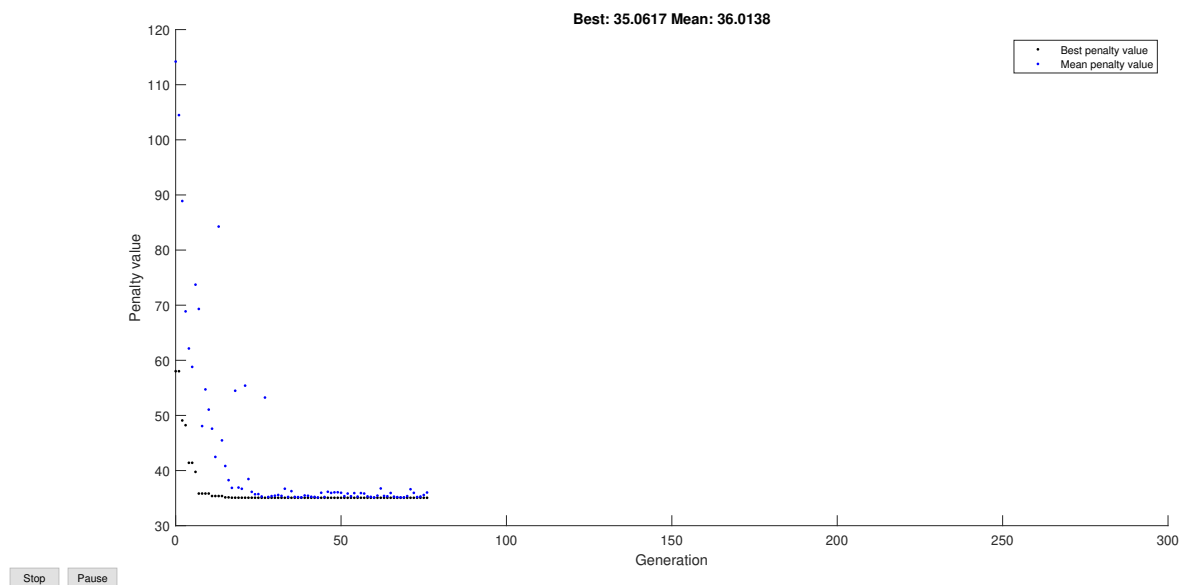
4.1. Algorytm działania

Algorytm działania regulatora oraz implementacja została dobrze udokumentowana w pliku `DMC.m`. Listing jego części algorytmicznej przedstawiony jest poniżej:

Listing 4.1. Implementacja regulatora DMC

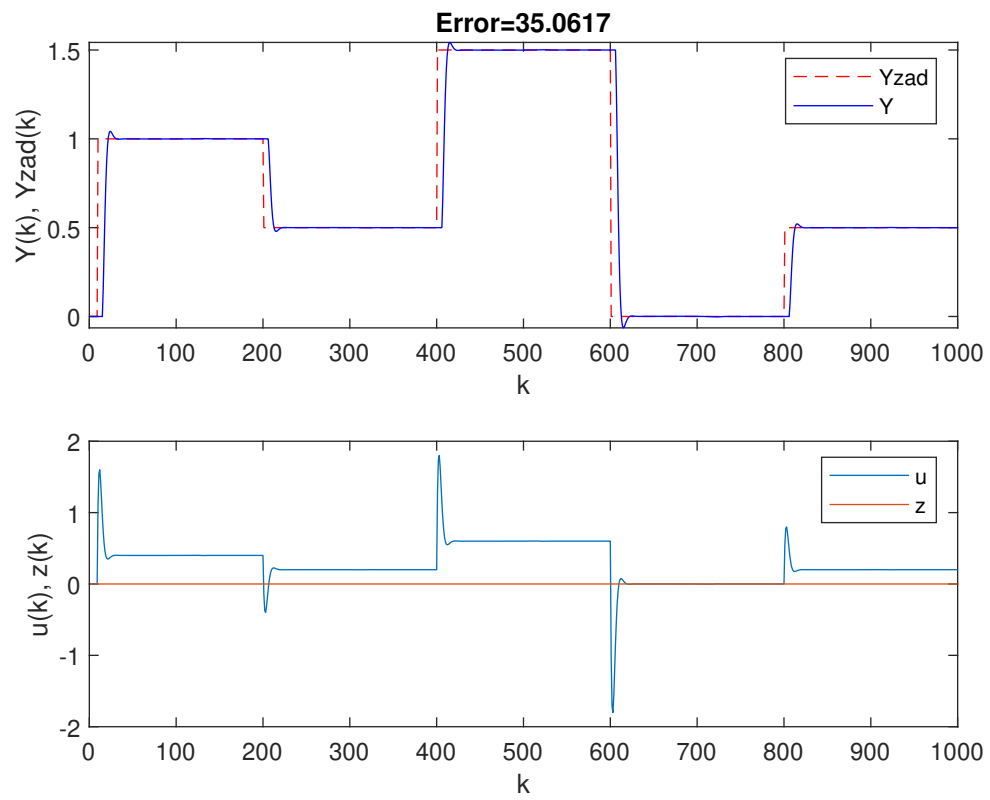
4.2. Strojenie regulatora DMC

Strojenie regulatora przeprowadzone zostało metodą automatyczną przy użyciu funkcji `ga(@DMC,nvars,[],[],[],[],lb,ub,[],IntCon,options)`. Strojonymi parametrami były N , N_u oraz λ . Za dolne ograniczenie przyjęte zostały wartości $N = 1$, $N_u = 1$, $\lambda = 1$, natomiast za górne $N = D$, $N_u = D$ oraz $\lambda = 1000$, gdzie $D = 116$. Wyniki strojenia regulatora przedstawione są na wykresie 4.1.



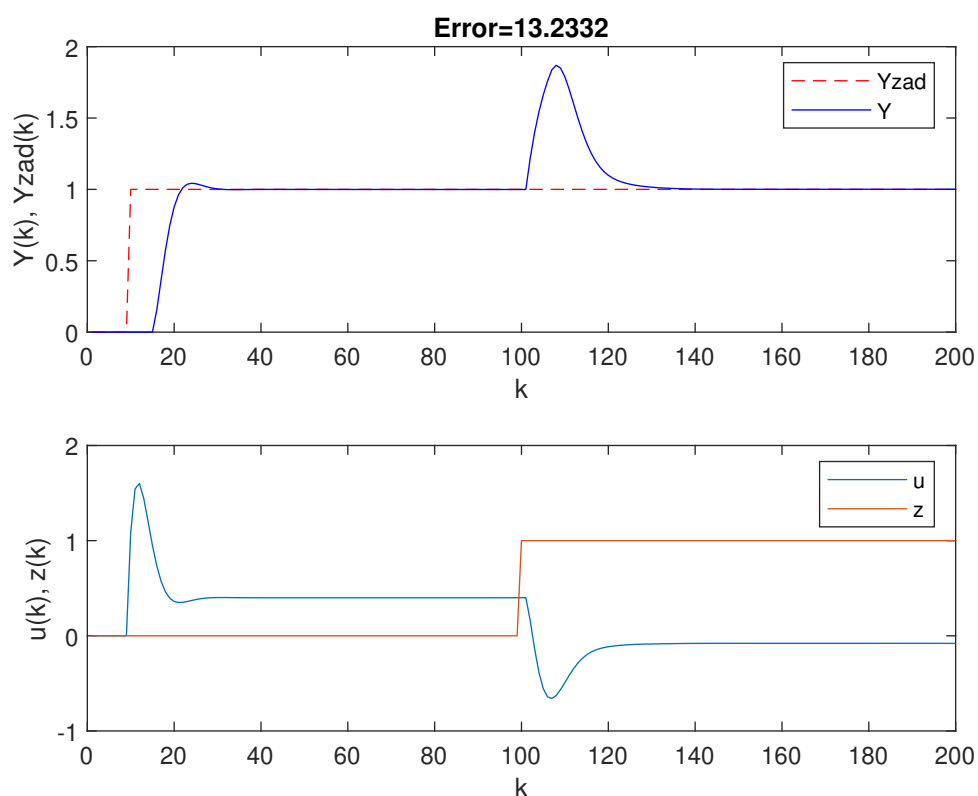
Rys. 4.1. Wyniki strojenia regulatora przy użyciu funkcji *ga*

Przykładowy przebieg pokazujący pracę wystrojonego już regulatora można zobaczyć na wykresie 4.2

Rys. 4.2. Przebieg dla parametrów $N = 116$, $N_u = 4$, $\lambda = 1$

5. Zakłócenie w regulatorze DMC

Poniżej (rys. 5.1) został zaprezentowany przebieg, w którym po osiągnięciu wartości zadanej, w chwili $k = 100$ następuje skokowy wzrost zakłócenia z 0 na 1.

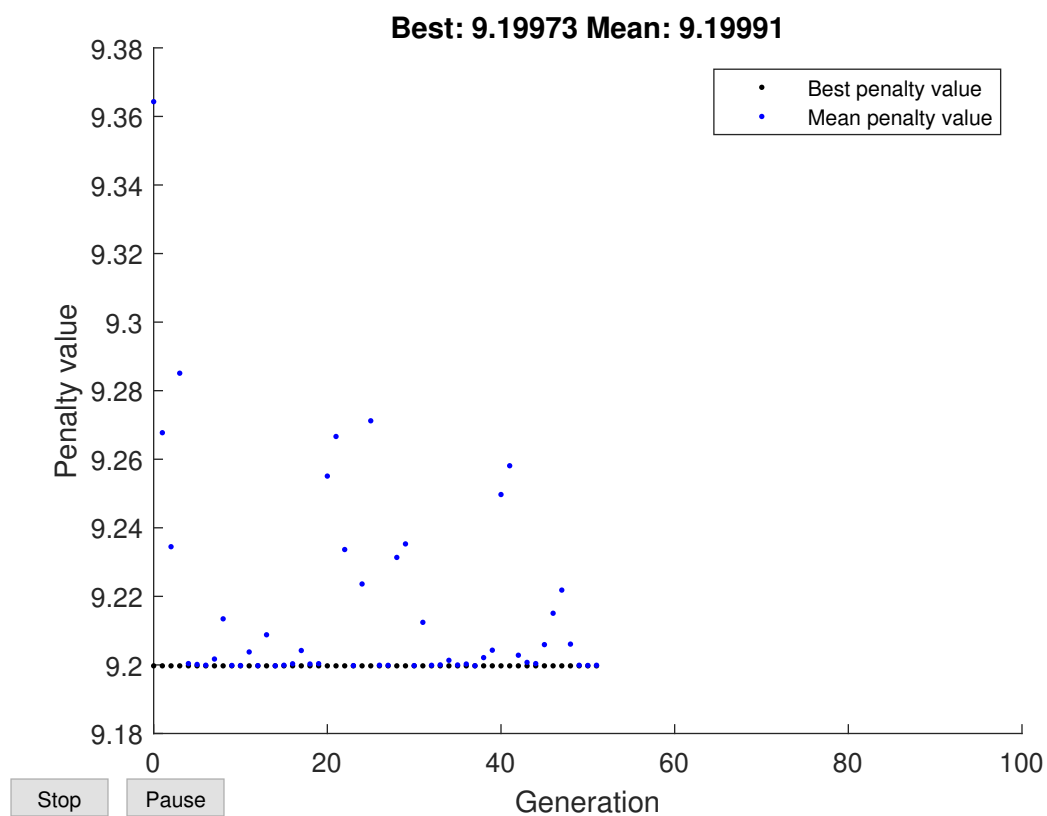
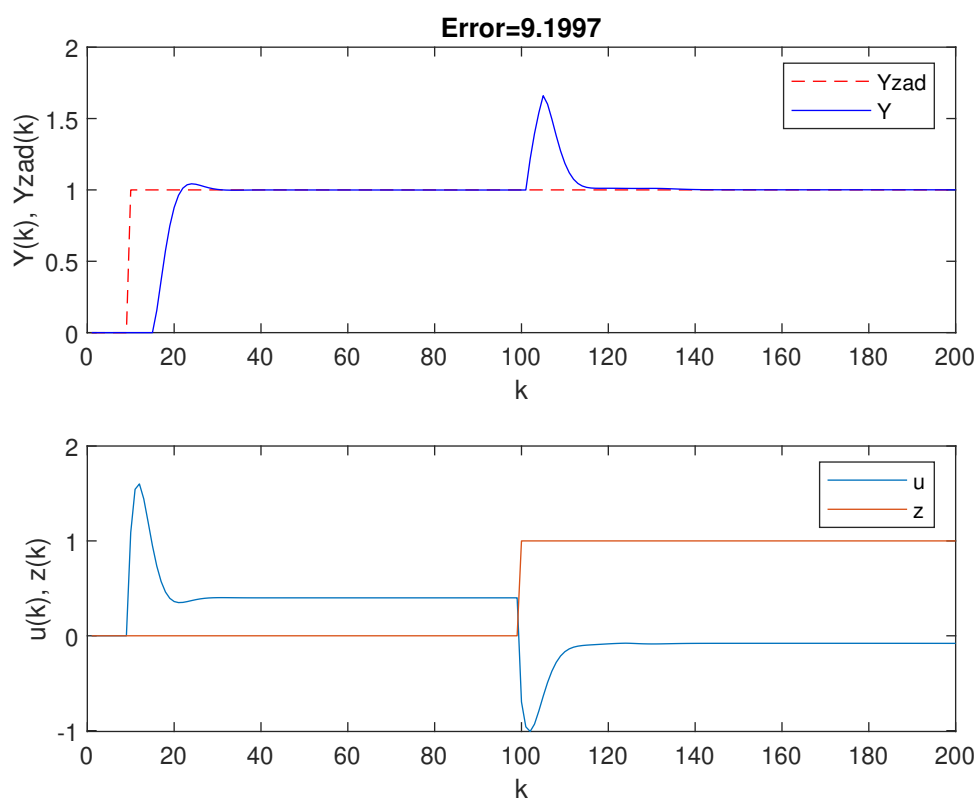


Rys. 5.1. Przebieg bez uwzględniania zakłócenia w regulacji

5.1. Dobór parametru D_z

Parametr D_z został dobrany, podobnie jak inne, za pomocą funkcji **ga**. Poszukiwanie zostało przedstawione na wykresie 5.2.

Najlepszą jakość regulacji osiągnięto dla $D_z = 25$. Przebieg dla tej wartości można zobaczyć na wykresie 5.3

Rys. 5.2. Poszukiwanie parametru D_z 

Rys. 5.3. Przebieg z uwzględnieniem zakłócenia w regulacji

5.2. Omówienie wyników

Jak można zaobserwować na wykresach 5.1 i 5.3 regulator biorący pod uwagę zakłócenie znacznie lepiej radzi sobie z zakłóceniem, szybciej wraca do wartości zadanej i zapobiega większym błędom.

6. Zakłócenie sinusoidalne

W celu sprawdzenia wpływu zakłócenia sinusoidalnego na jakość regulacji (z pomierem i bez pomiaru) wygenerowane zostały przebiegi z zakłóceniami o różnej częstotliwości i różnej amplitudzie. Sygnałem zakłócający generowany był jako

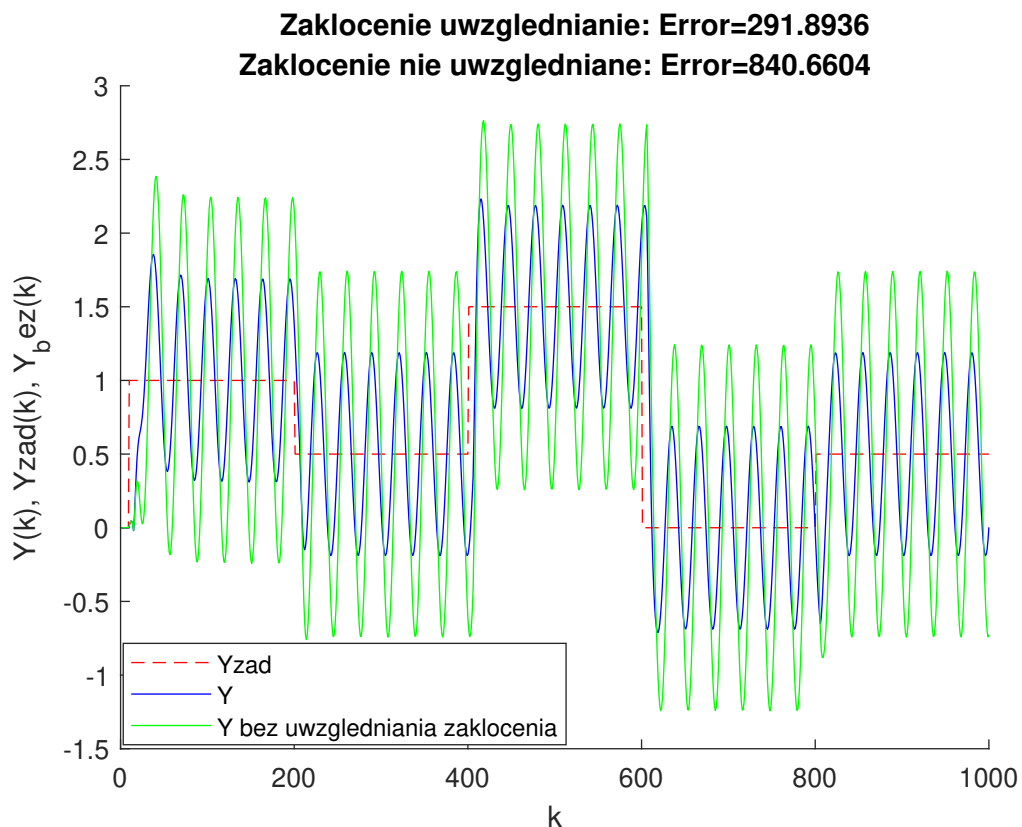
$z = \sin(k/p) * a(6.1)$ gdzie p przybierało wartości:

- $p = 5$,
- $p = 10$,
- $p = 20$,

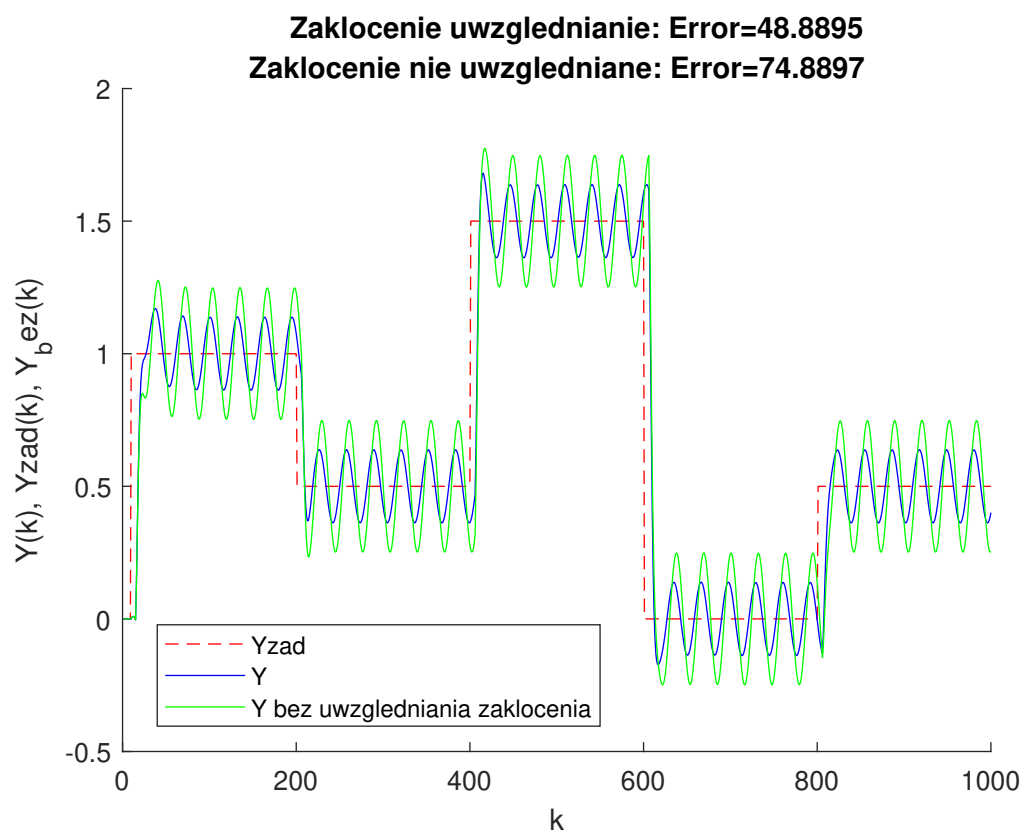
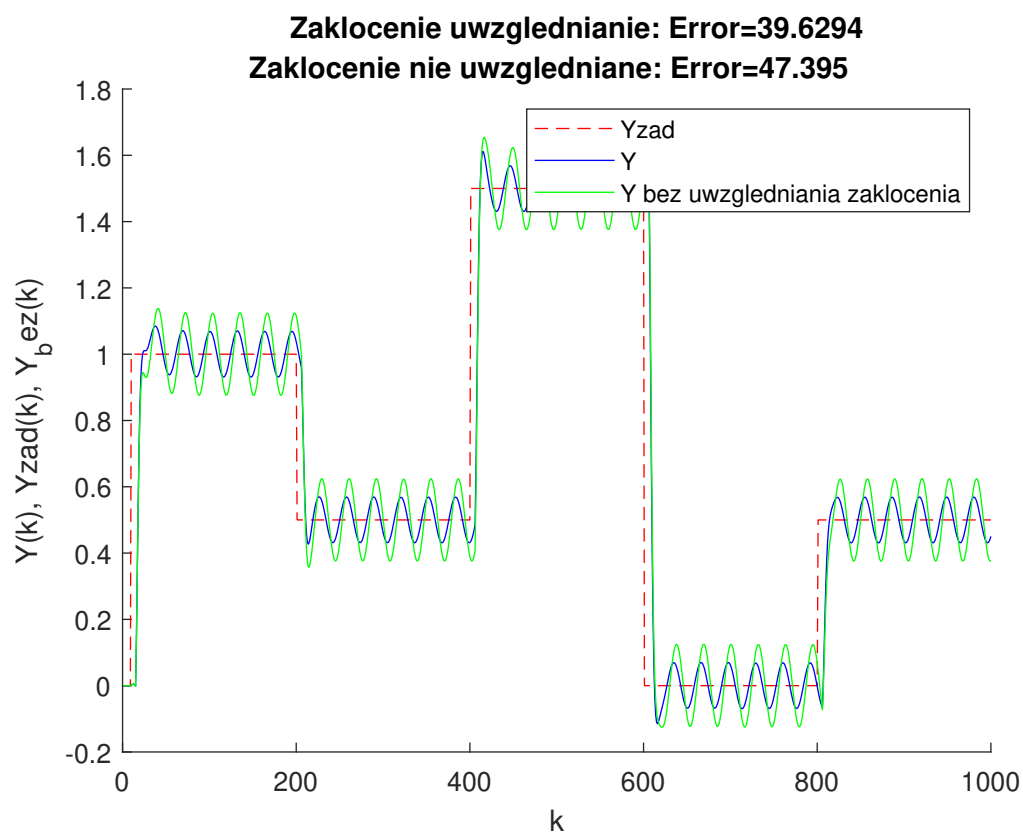
natomiast a :

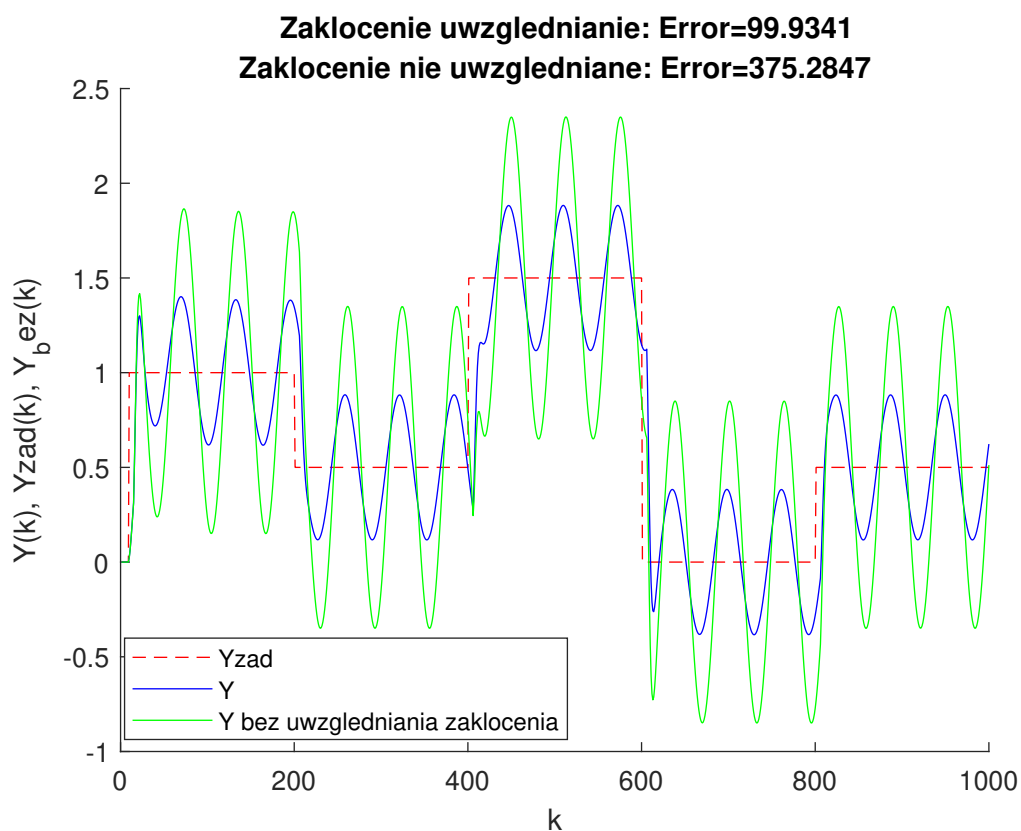
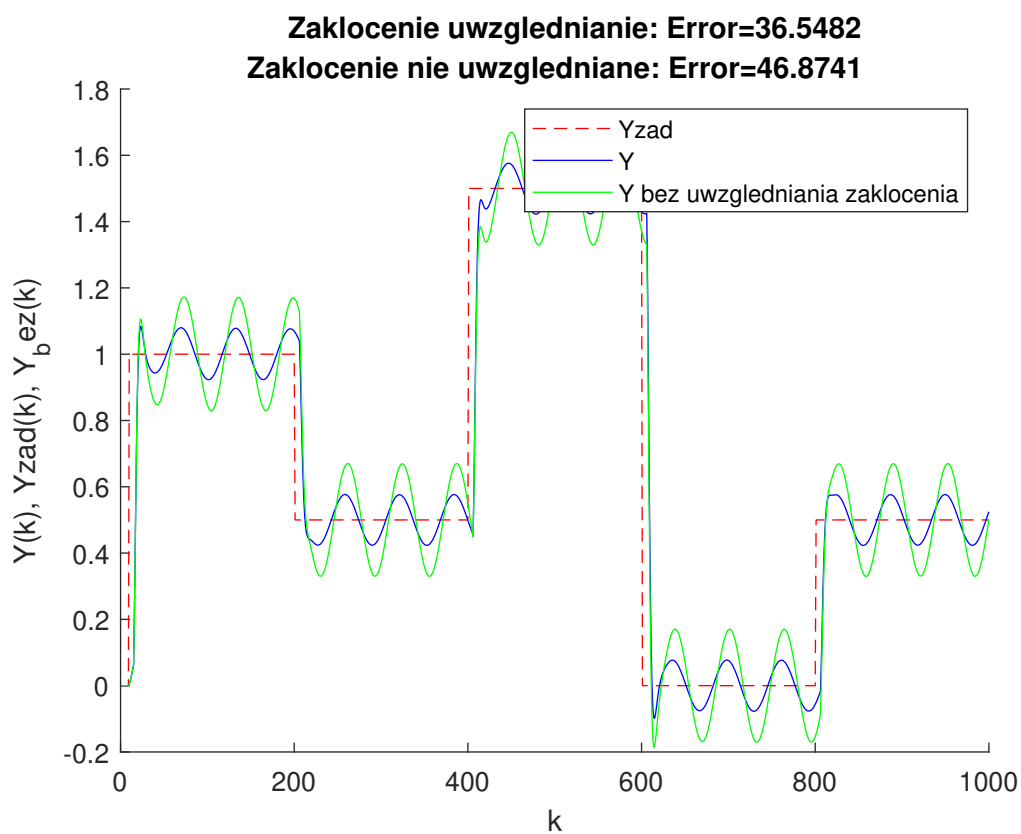
- $a = 0.1$,
- $a = 0.2$,
- $a = 1$.

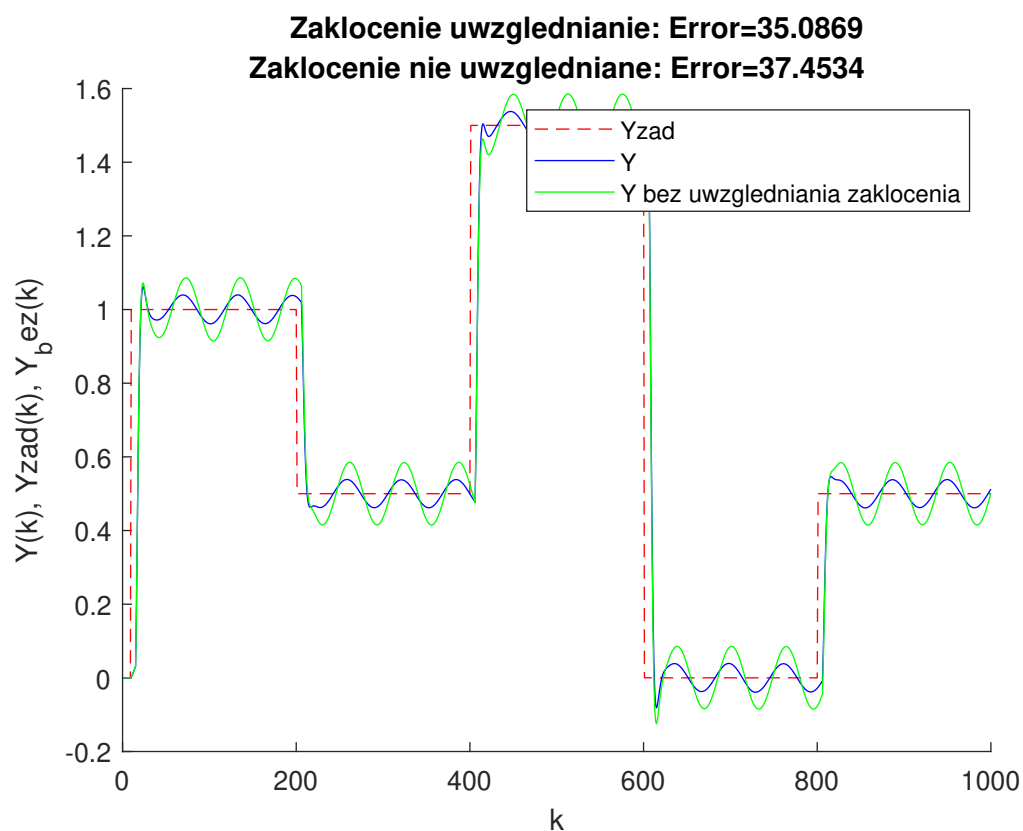
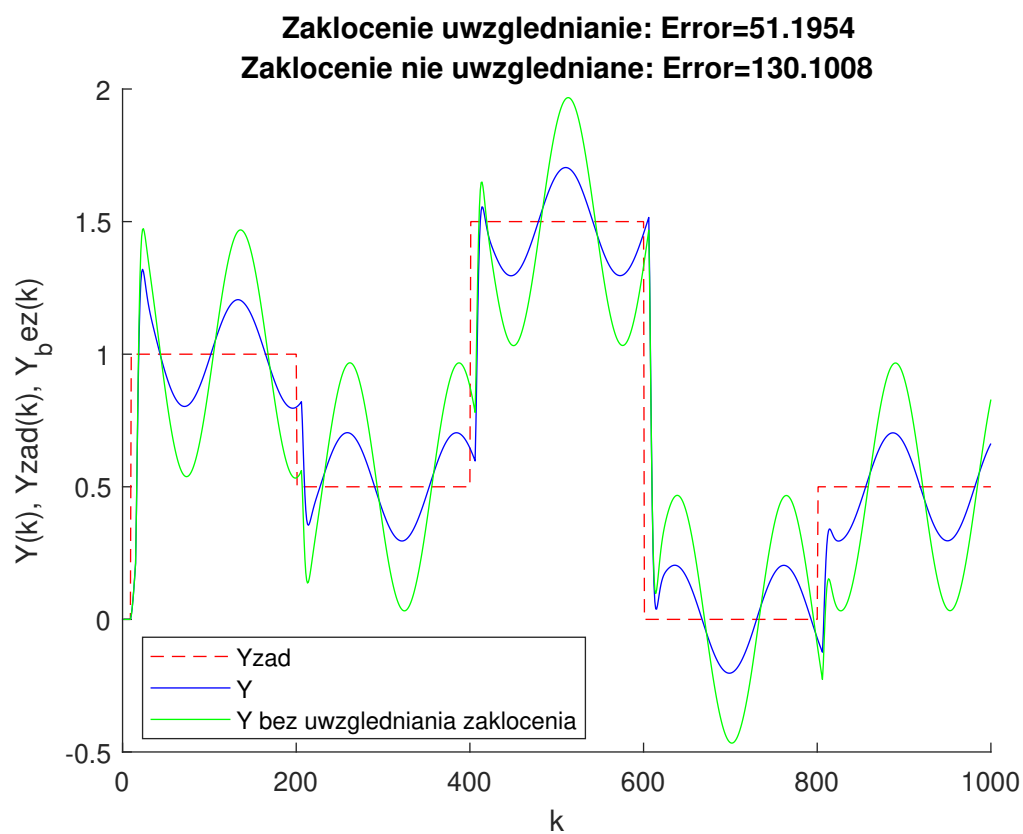
Tak przygotowane wykresy można obejrzeć poniżej.

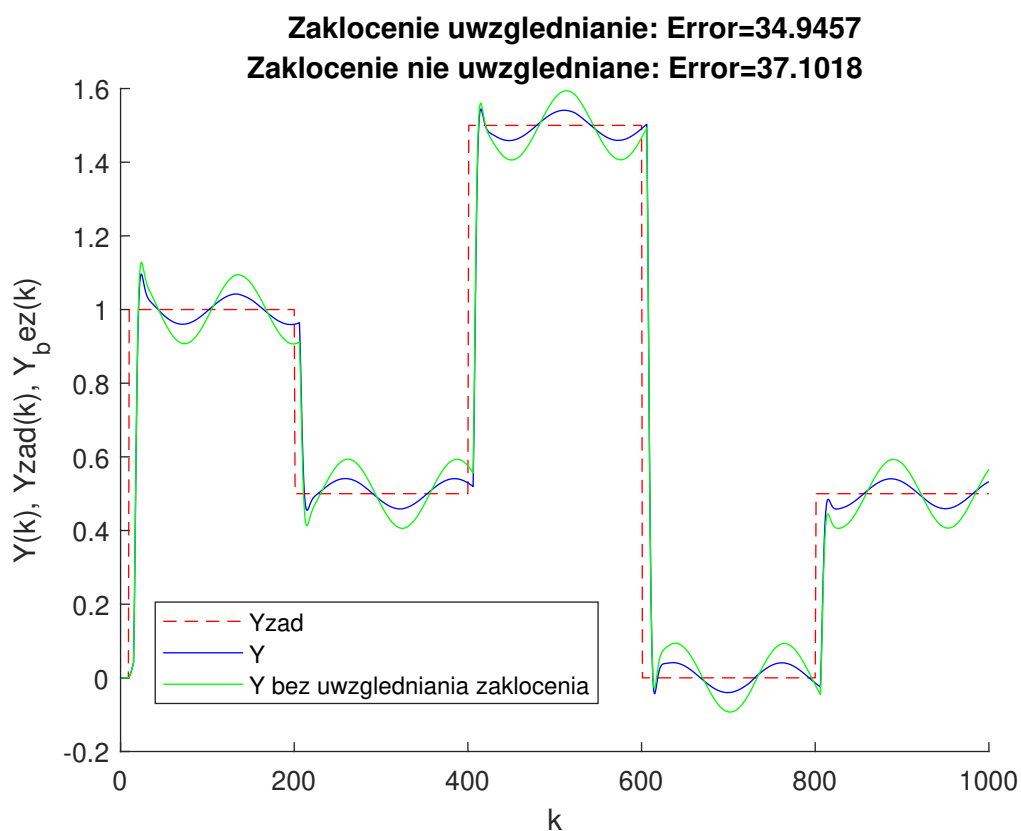
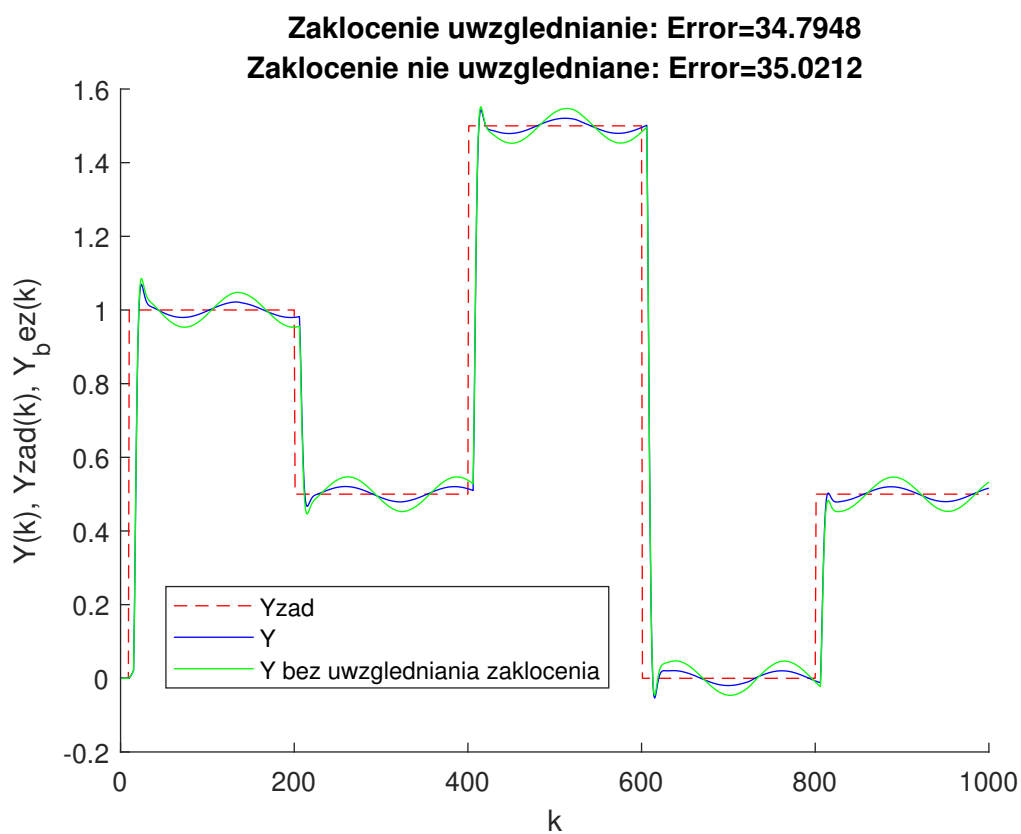


Rys. 6.1. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 5$ oraz $a = 1$

Rys. 6.2. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 5$ oraz $a = 0.2$ Rys. 6.3. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 5$ oraz $a = 0.1$

Rys. 6.4. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 10$ oraz $a = 1$ Rys. 6.5. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 10$ oraz $a = 0.2$

Rys. 6.6. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 10$ oraz $a = 0.1$ Rys. 6.7. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 20$ oraz $a = 1$

Rys. 6.8. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 20$ oraz $a = 0.2$ Rys. 6.9. Przebieg dla zakłócenia z parametrami $p = 20$ oraz $a = 0.1$

Część II

Laboratoria