

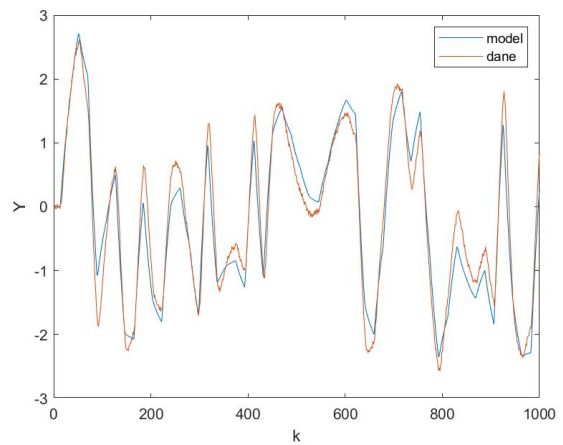
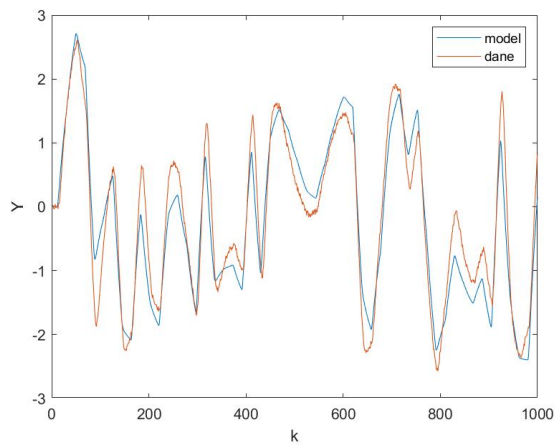
STP - Projekt 2

Mariusz Słapek

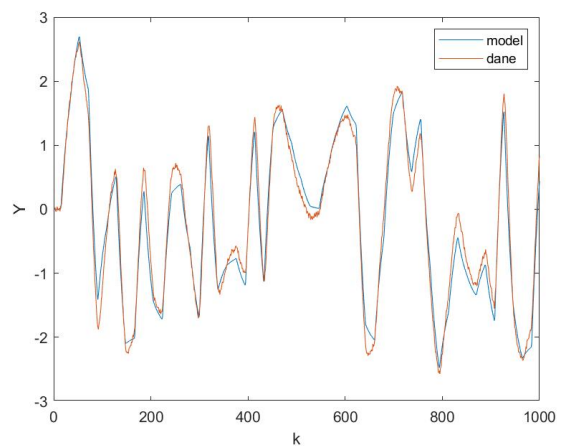
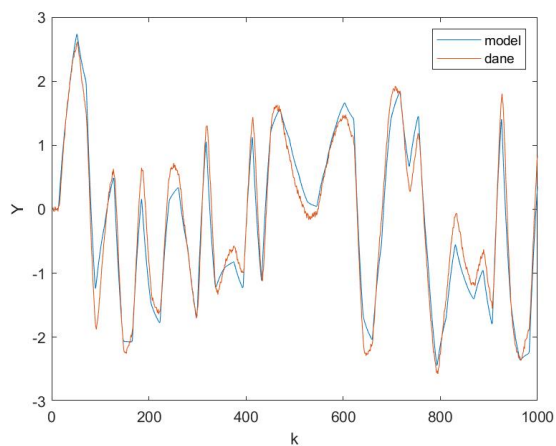
Styczeń 2019

1 Zadanie 1 - modele drugiego rzędu

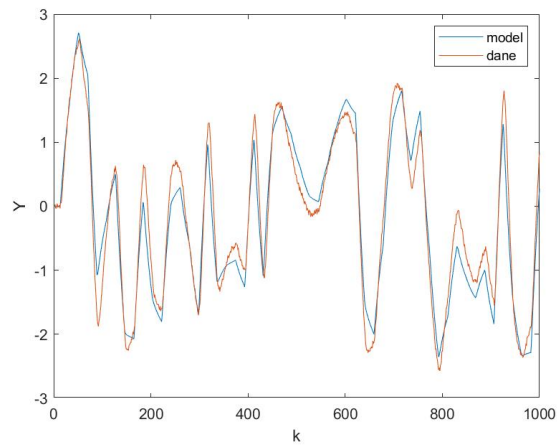
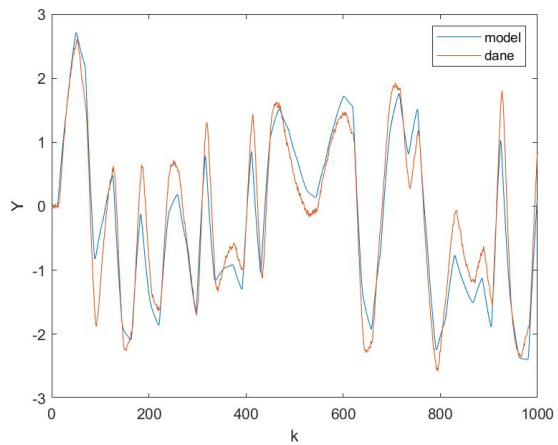
W tym zadaniu należało wyznaczyć modele drugiego rzędu dla różnych wartości parametru τ . W tym celu przetestowałem dziesięć modeli (dla $\tau \in < 1, 10 >$). Dla każdego modelu wyznaczyłem współczynniki a następnie błąd modelu. Dane te zamieściłem w sprawozdaniu w tabelach poniżej.



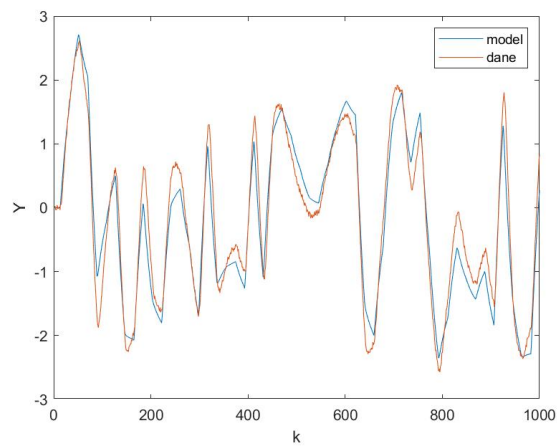
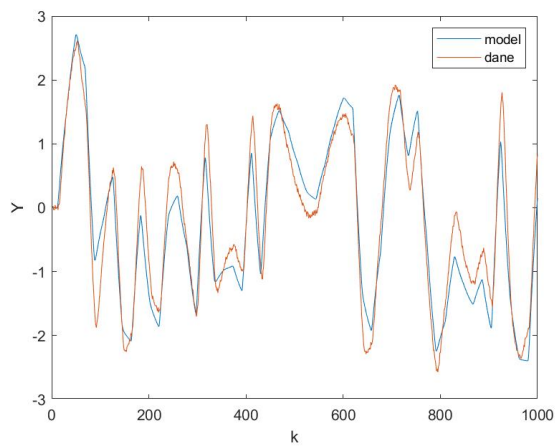
Rysunek 1: $\tau = 1$ oraz $\tau = 2$



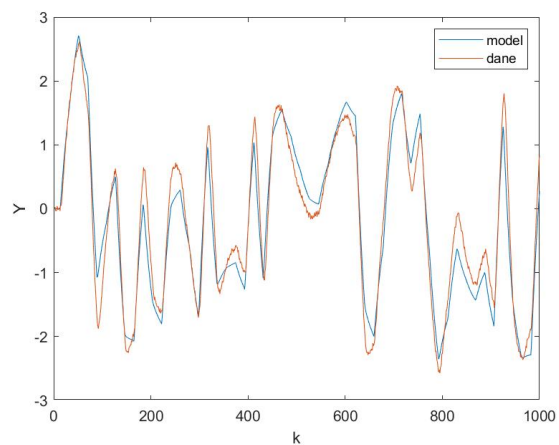
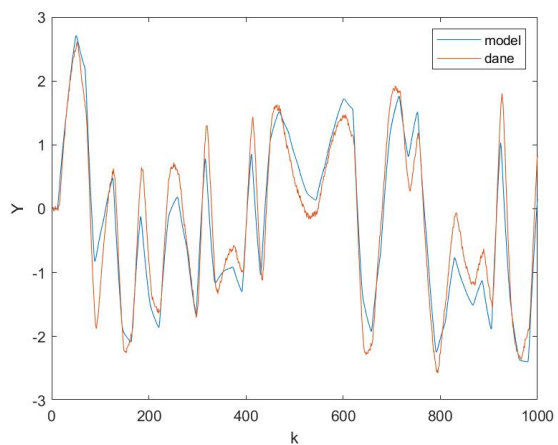
Rysunek 2: $\tau = 3$ oraz $\tau = 4$



Rysunek 3: $\tau = 5$ oraz $\tau = 6$



Rysunek 4: $\tau = 7$ oraz $\tau = 8$



Rysunek 5: $\tau = 9$ oraz $\tau = 10$

b_1	b_2	a_1	a_2
-0.0169597739839256	-0.0677198645274061	1.42006582483071	-0.436327994050443
0.00993749536793905	-0.116225754835199	1.31723222907899	-0.339541121485823
-0.0261974184726626	-0.107188215347143	1.19092316960234	-0.219907807603644
-0.0501829274256712	-0.115605151814332	1.04283069586735	-0.0813174055149701
-0.0918271323394238	-0.103690864032896	0.916320051619290	0.0350777723421691
-0.125353533942336	-0.0827876308487149	0.880005021738363	0.0640181369415418
-0.137485502632036	-0.0541750570767473	0.982852292998547	-0.0389964987036716
-0.107708596298760	-0.0554515356734327	1.14758131623784	-0.200142953187540
-0.131333349514231	0.00310801229251859	1.30428403148652	-0.348519985412198
-0.0661520128264835	-0.0308418354894822	1.45878539401859	-0.496011081206014

τ	błąd
1	156.329241870903
2	101.119702571644
3	76.6549427729373
4	49.6059096293665
5	31.1459940576212
6	22.0683187662911
7	27.0333296847707
8	48.8775271949442
9	84.7067181444720
10	162.482057635173

Najlepszy model otrzymałem dla τ równego 6. Nie obliczałem modeli większych niż 10, gdyż jak widzimy z tabeli wartości rosły od wartości wybranej.

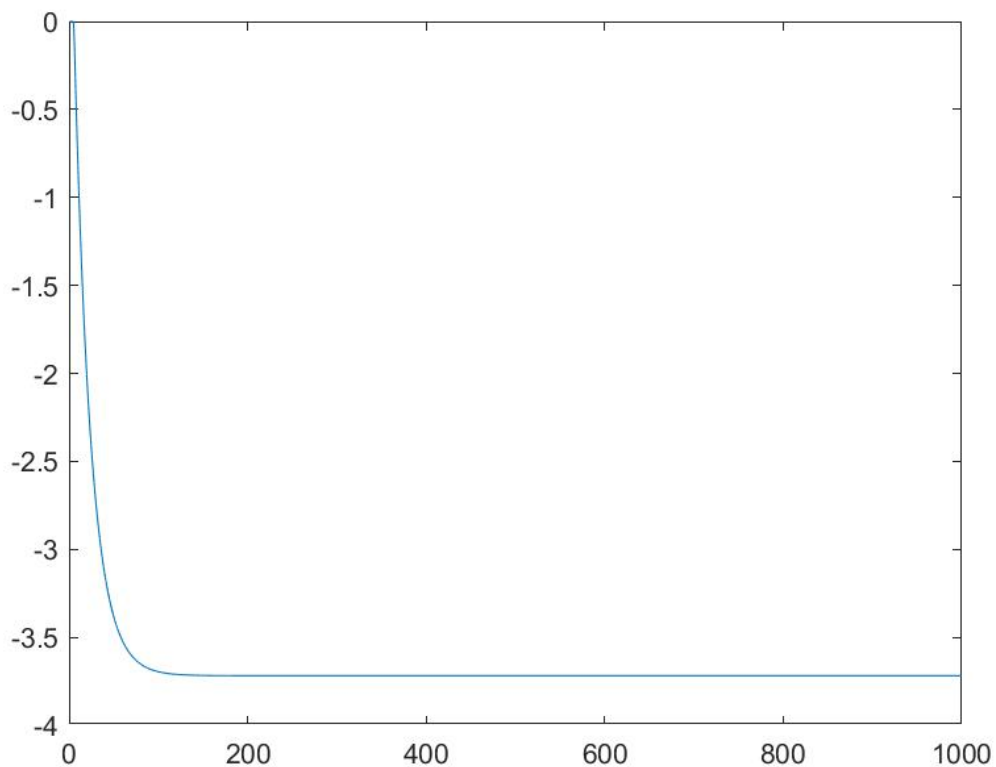
Transmitancja układu jest następująca:

$$G(z) = \frac{-0.1254 * z - 0.08279}{z^7 - 0.88 * z^6 - 0.06402 * z^5} \quad (1)$$

Skrypt wykorzystany w celu wykonania zadania stworzony w programie MATLAB: *model.m*.

2 Zadanie 2 - odpowiedź skokowa

Dla wybranego modelu (najlepszego) wyznaczyłem trajektorie, która jest odpowiedzią na skok wartości sterowania z 0 na 1.



Rysunek 6: Odpowiedź skokowa układu

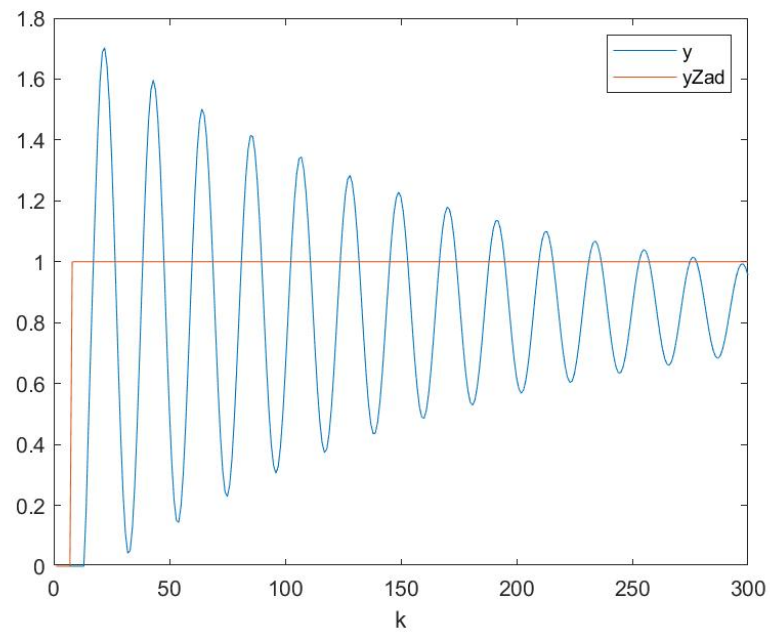
Wzmocnienie statyczne jest to wartość na której ustaliła się odpowiedź skokowa. W naszym przypadku $K_{stat} = -3.7190$. Wzmocnienie to można również wyznaczyć licząc granicę:

$$\lim_{z \rightarrow 1} G(z) \quad (2)$$

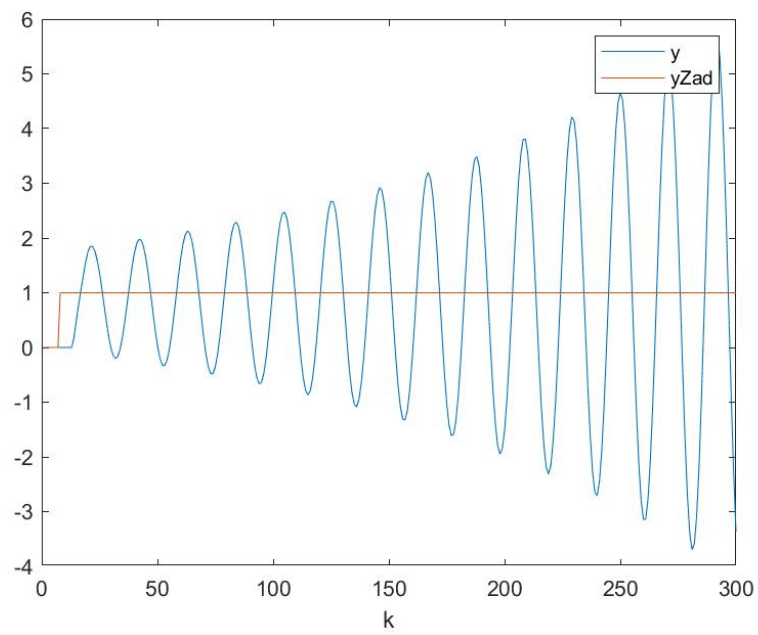
Skrypt wykorzystany w celu wykonania zadania stworzony w programie MATLAB: ***stepResponse.m***.

3 Zadanie 3 - cyfrowy algorytm PID

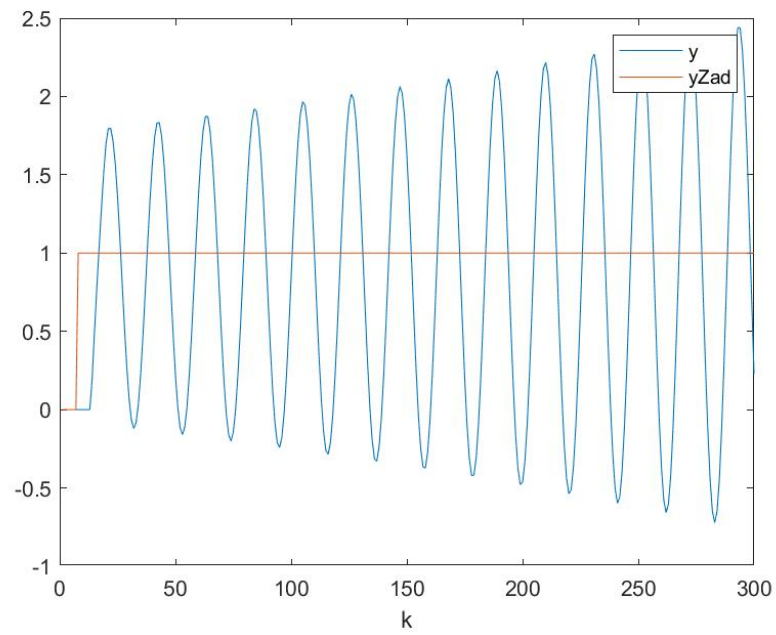
Kolejnym zadaniem było dobranie parametrów metodą Zieglera-Nicholsa. Metoda ta polega na ustawieniu czasu zdwojenia (T_i) na możliwie dużą wartość (w teorii inf) oraz czasu wyprzedzenia (T_d) na wartość zero. Następnie wyznaczać tak K by wystąpiły oscylacje. Co widzimy na poniższych wykresach w moim modelu wartość wzmocnienia krytycznego wyniosła 1.525, natomiast okres oscylacji wynosi 19.



Rysunek 7: $K_{kr} = 1.45$

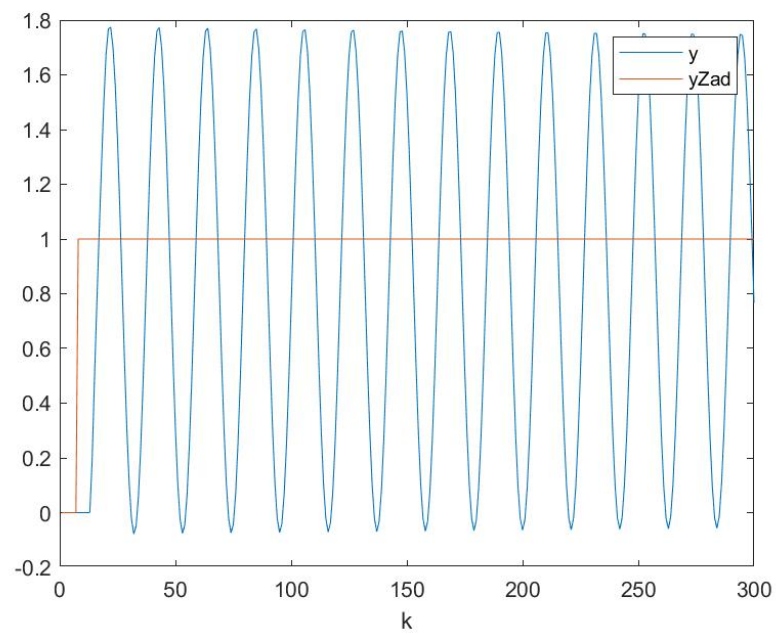


Rysunek 8: $K_{kr} = 1.6$

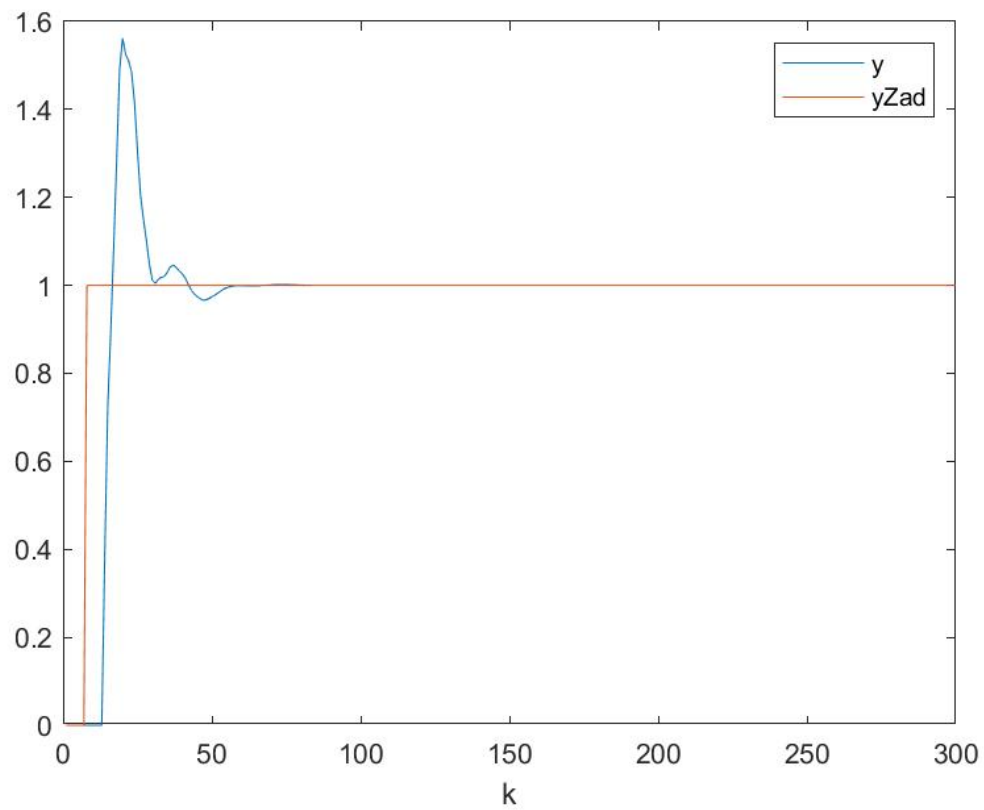


Rysunek 9: $K_{kr} = 1.55$

Następnie obliczyłem nastawy regulatora. Poniższe zdjęcie przedstawia wyniki regulacji metodą Zieglera-Nicholsa.

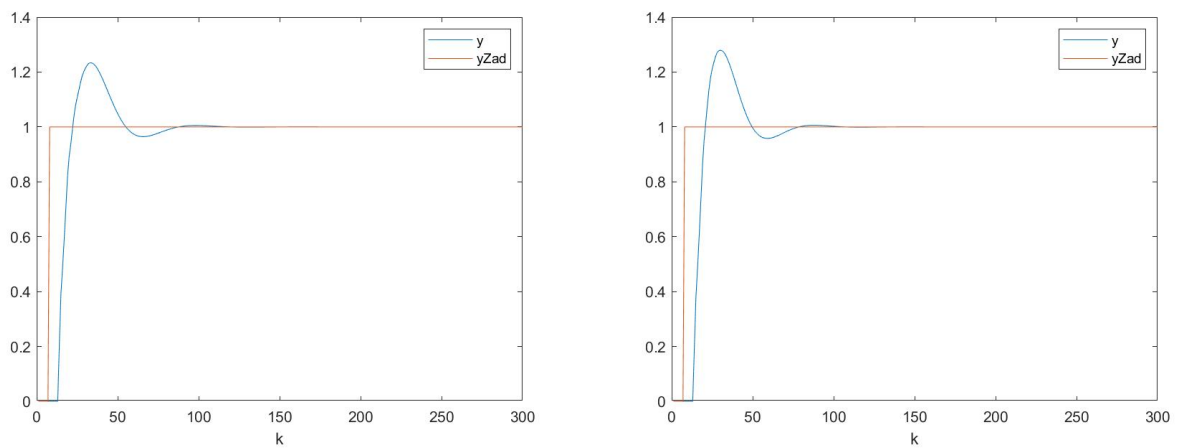


Rysunek 10: $K_{kr} = 1.525$

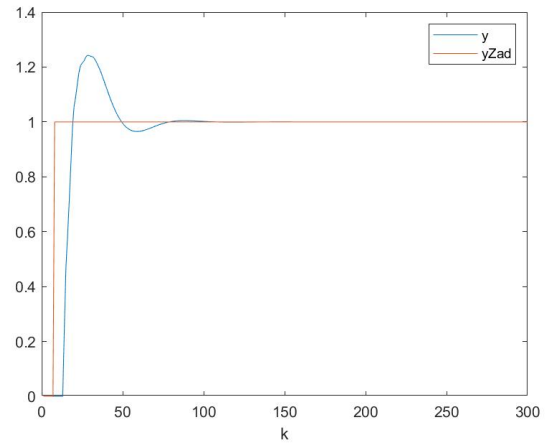
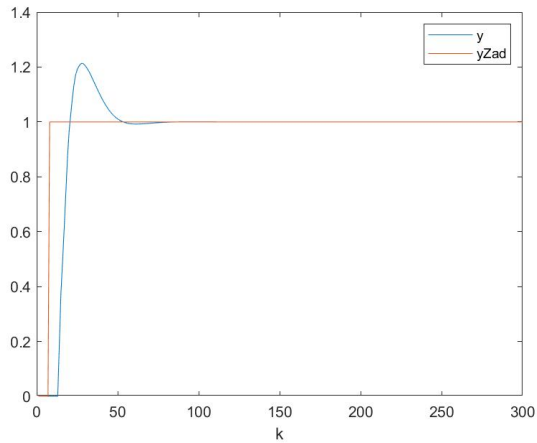


Rysunek 11: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla metody Zieglera-Nicholsa

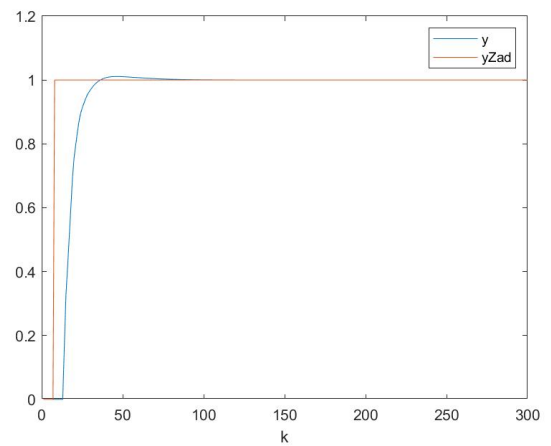
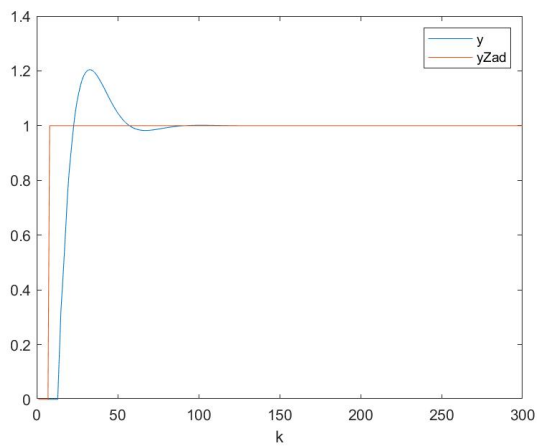
Niestety metoda ta nie daje satysfakcjonujących wyników. W tym celu próbowałem metodą inżynierską poprawiać regulację. Oto efekty:



Rysunek 12: $K = 5$, $T_i = 2.28$, $T_d = 9.5$ (wykres po lewej) $K = 5.5$, $T_i = 1.8$, $T_d = 9.5$ (wykres po prawej)



Rysunek 13: $K = 6$, $T_i = 1.5$, $T_d = 12$ (wykres po lewej) $K = 6$, $T_i = 2.28$, $T_d = 9.5$ (wykres po prawej)



Rysunek 14: $K = 5$, $T_i = 1.6$, $T_d = 11$ (wykres po lewej) $K = 5$, $T_i = 1.67$, $T_d = 19$ (wykres po prawej)

Ostatnia wykres daje satysfakcjonujące wyniki - przeregulowanie w nim właściwie nie występuje (inna sprawa: trochę jest większa wartość sterowania).

Skrypt wykorzystany w celu wykonania zadania stworzony w programie MATLAB: *pidSimulation.m*.

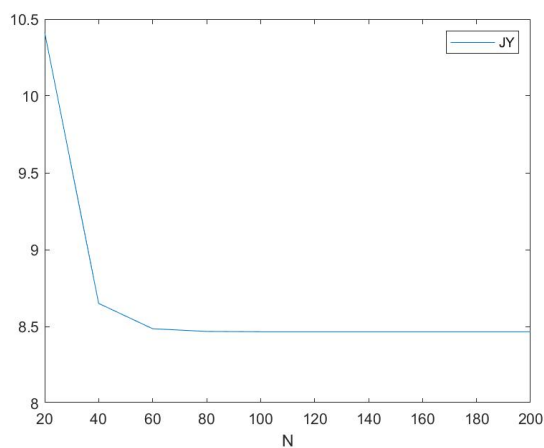
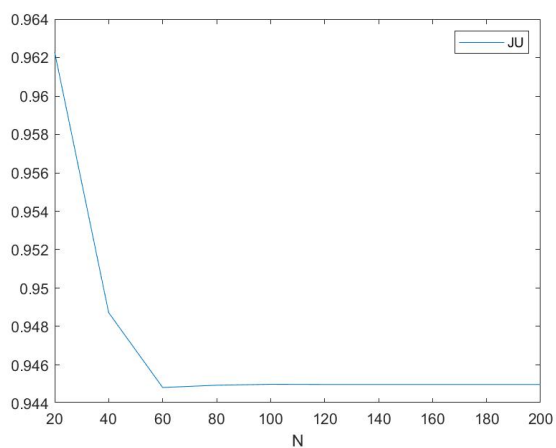
4 Zadanie 4 - algorytm DMC bez ograniczeń

Przyjąłem następujące wartości wg skryptu: $D = 200$ $N = 100$ $N_u = 20$ $\lambda = 10$

Skrypt wykorzystany w celu wykonania zadania stworzony w programie MATLAB: *dmcSimulation.m*.

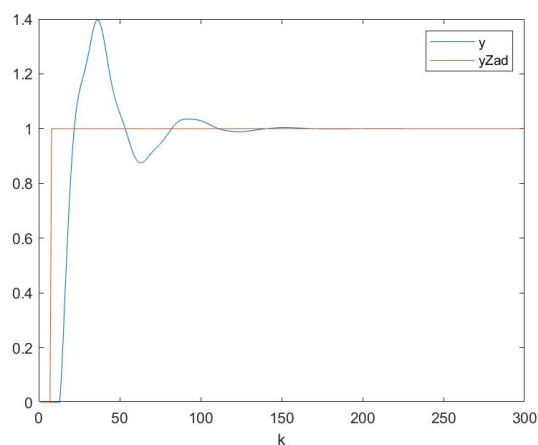
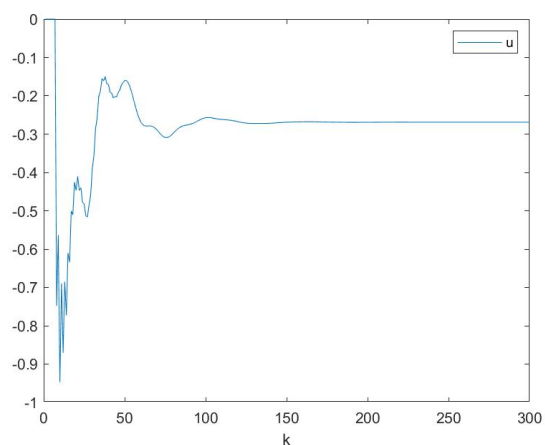
4.1 Dobór horyzontu dynamiki D

Przy wyborze horyzontu dynamiki przeprowadziłem symulację dla wartości od 20 do 200 z krokiem 20. Wszystkie wykresy przedstawione są poniżej:

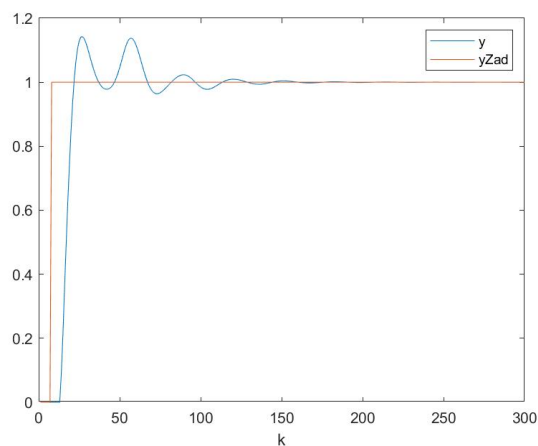
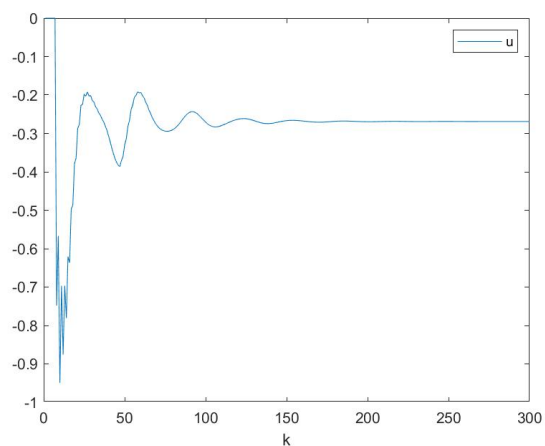


Rysunek 15: Przebiegi błędów regulacji oraz wydatku energetycznego w zależności od parametru D

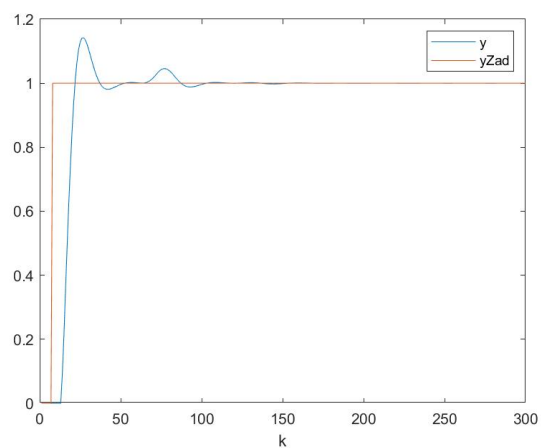
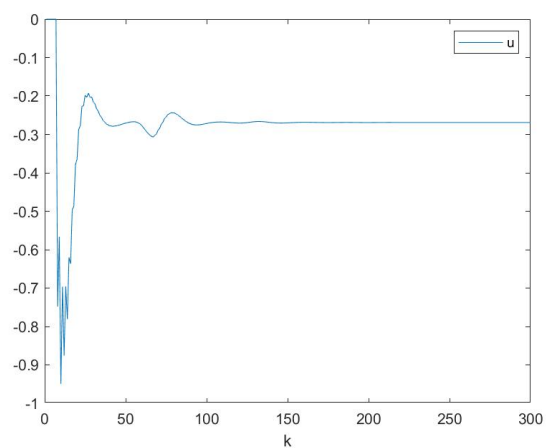
Na podstawie powyższego wykresu wybrałem D równe 60, gdyż jest to najmniejsza wartość dająca zadowalające wyniki (dla wartości większych niż 60 były również zadowalające wyniki, natomiast różnica pomiędzy tymi wartościami nie była duża).



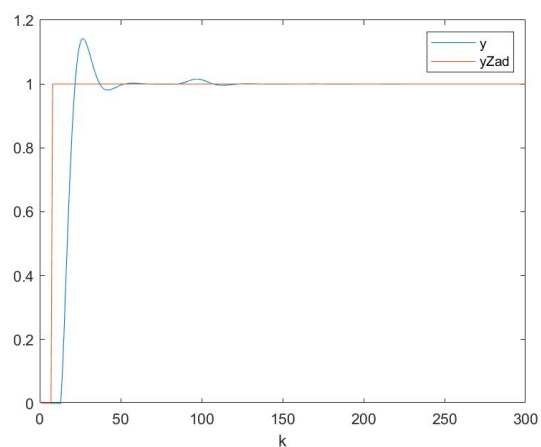
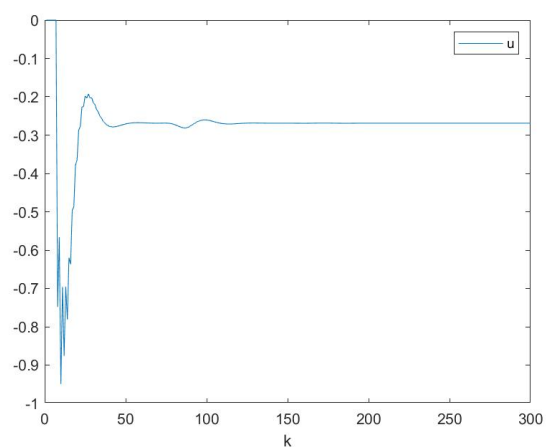
Rysunek 16: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 20$



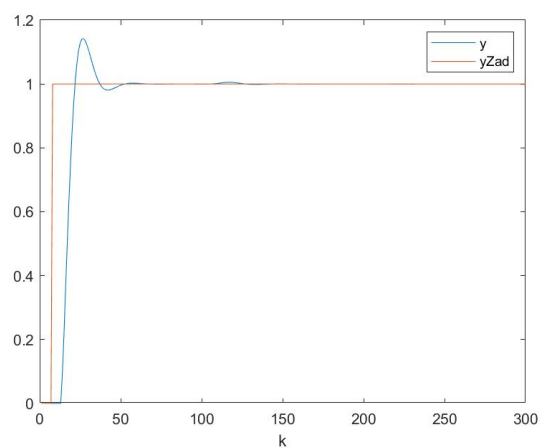
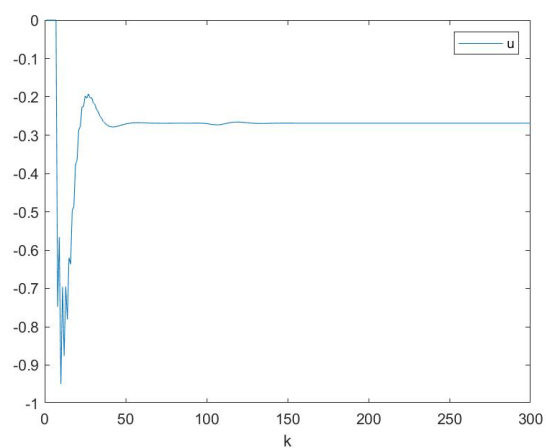
Rysunek 17: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 40$



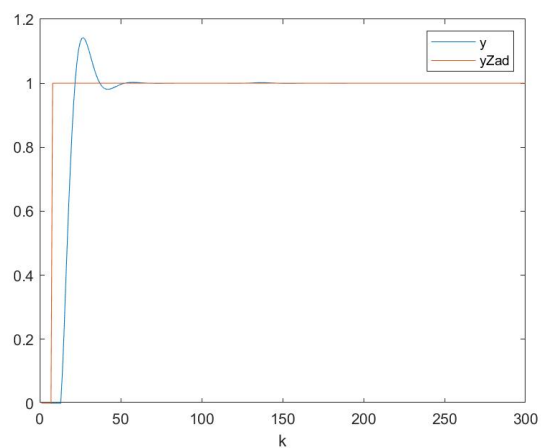
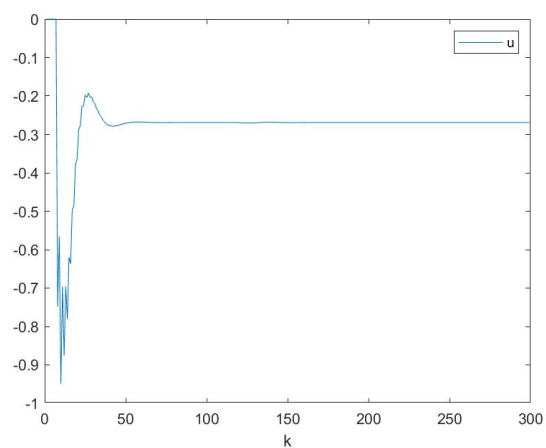
Rysunek 18: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 60$



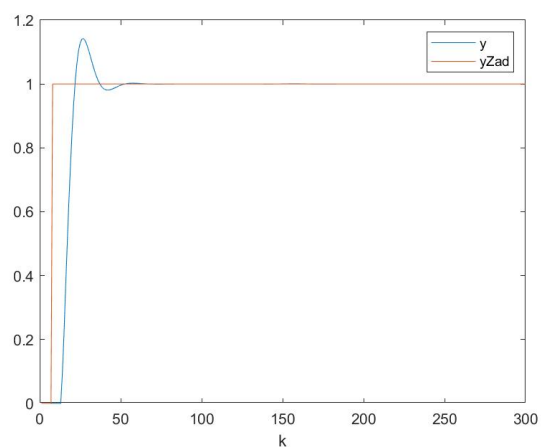
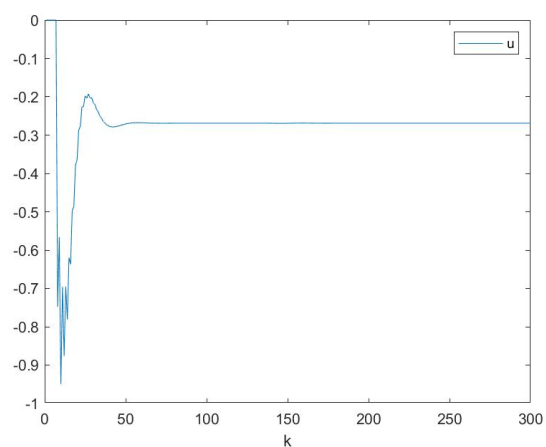
Rysunek 19: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 80$



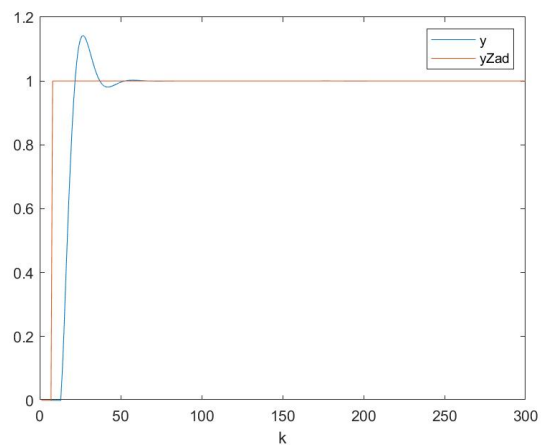
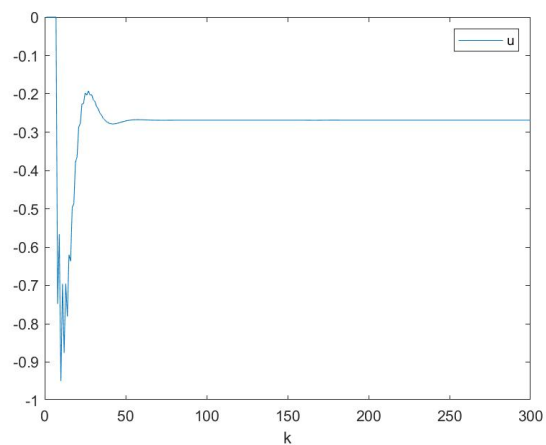
Rysunek 20: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 100$



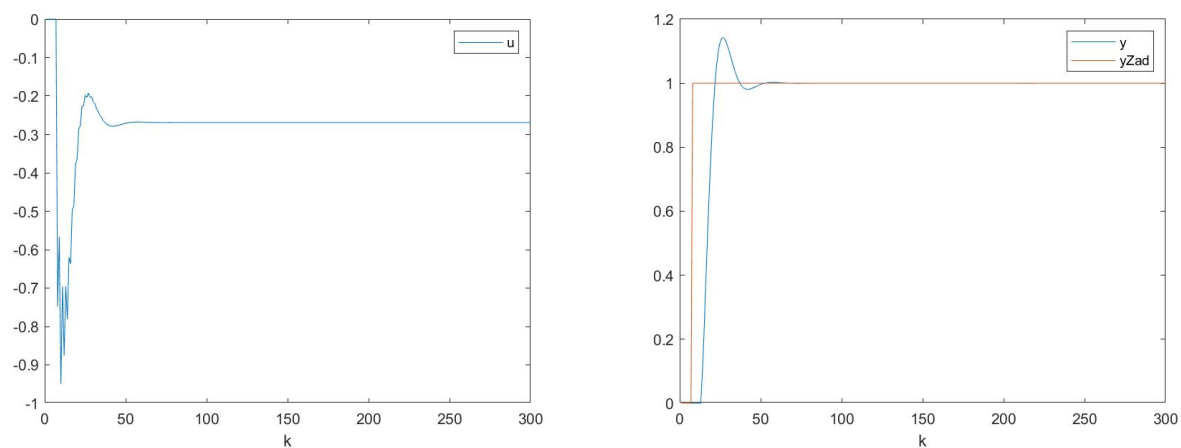
Rysunek 21: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 120$



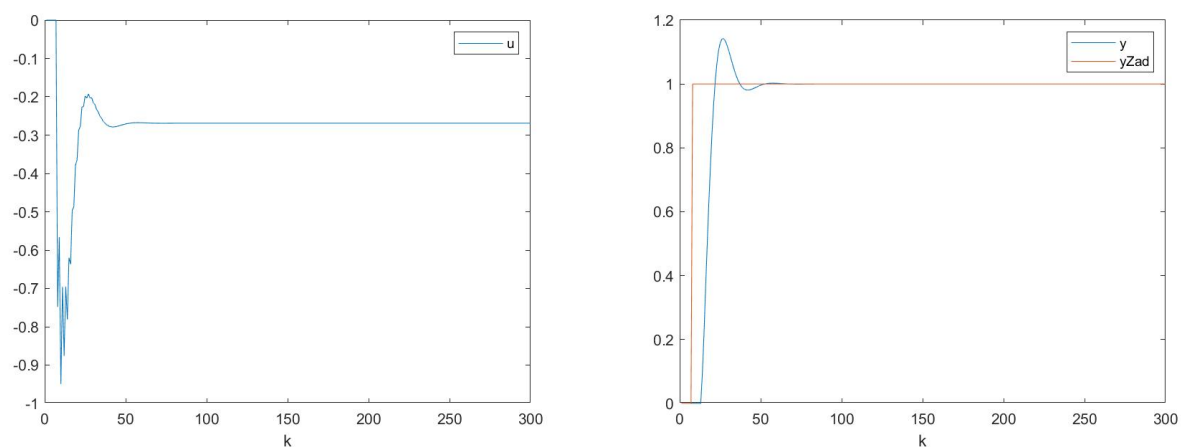
Rysunek 22: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 140$



Rysunek 23: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 160$



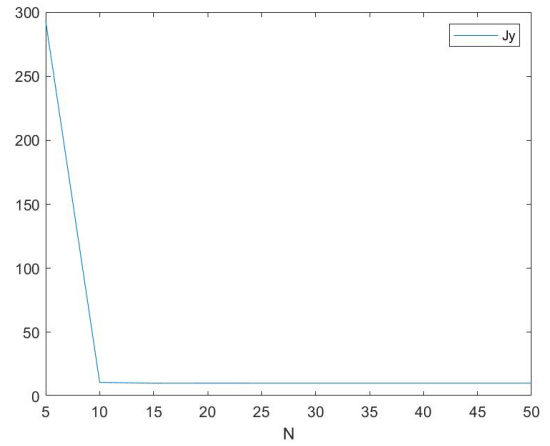
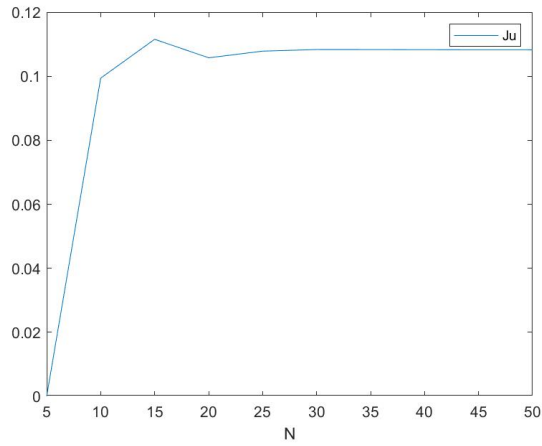
Rysunek 24: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 180$



Rysunek 25: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $D = 200$

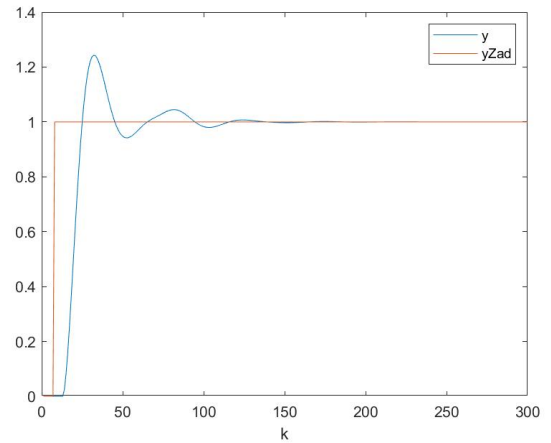
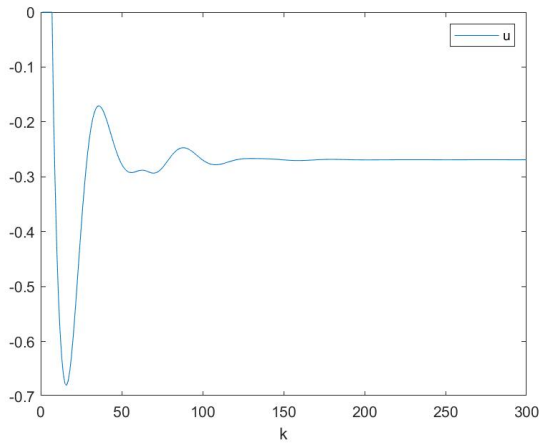
4.2 Dobór horyzontu predykcji N

Analogicznie jak poprzednio wybierałem horyzont predykcji. Horyzont predykcji natomiast symulowałem dla wartości od 5 do 50 z krokiem 5 (nie wszystkie wykresy zostały zamieszczone, gdyż uznałem, iż nie jest to konieczne).

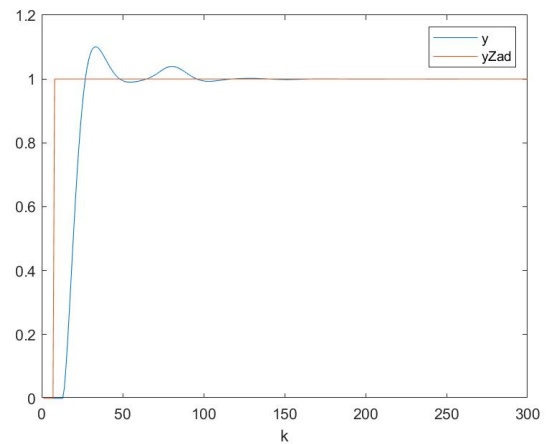
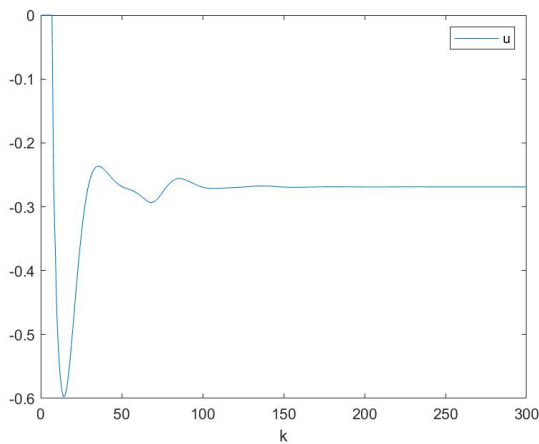


Rysunek 26: Przebiegi błędów regulacji oraz wydatku energetycznego w zależności od parametru N

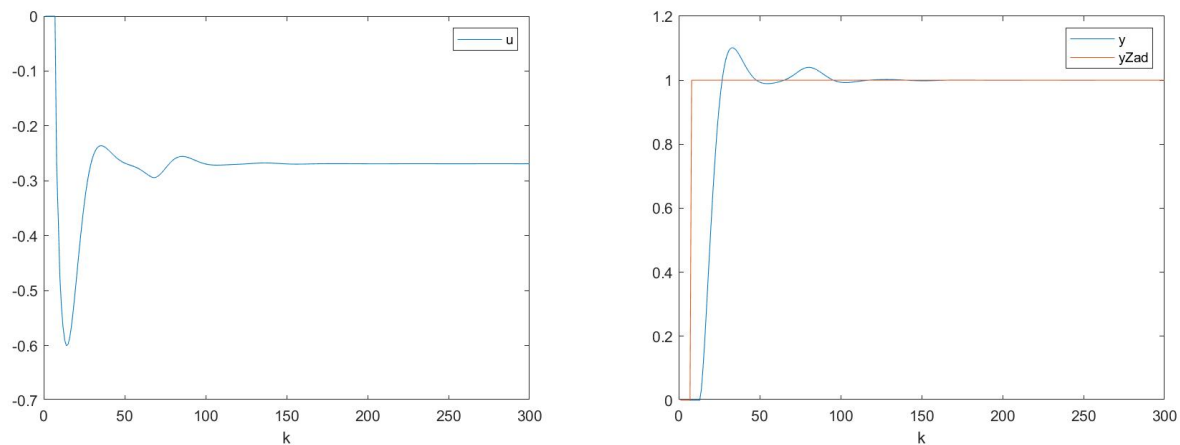
Na podstawie wykresów przebiegów błędów regulacji oraz wydatku energetycznego wybrałem wartość horyzontu predykcji równą 10.



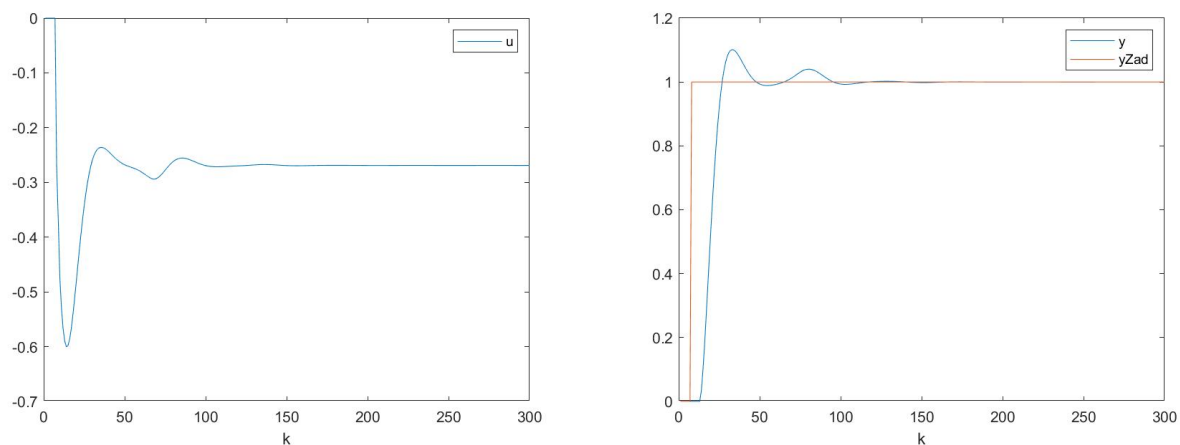
Rysunek 27: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N = 10$



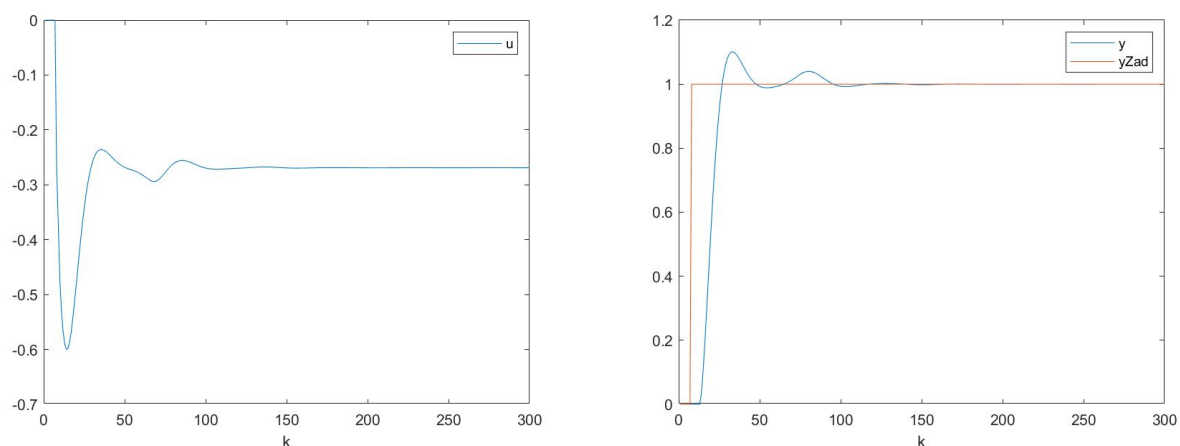
Rysunek 28: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N = 20$



Rysunek 29: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N = 30$



Rysunek 30: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N = 40$

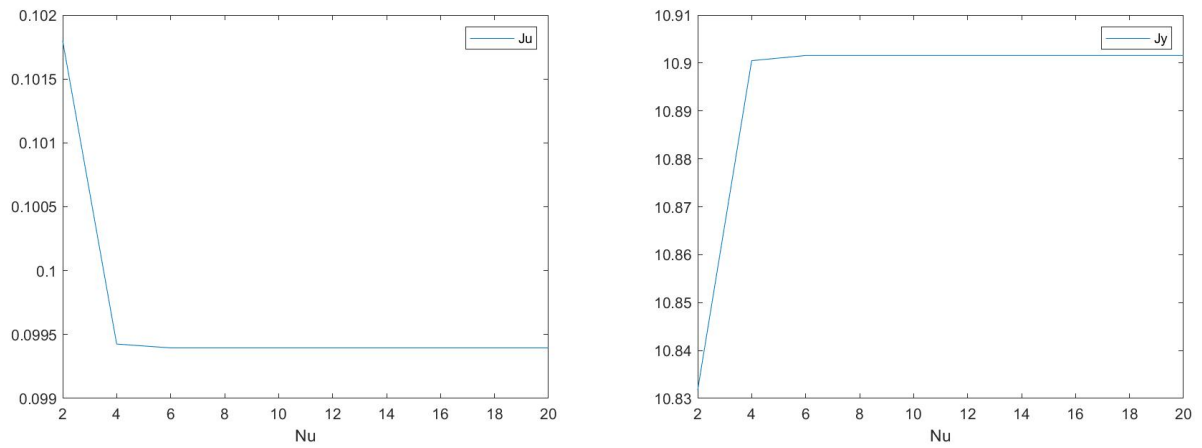


Rysunek 31: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N = 50$

4.3 Dobór horyzontu sterowania N_u

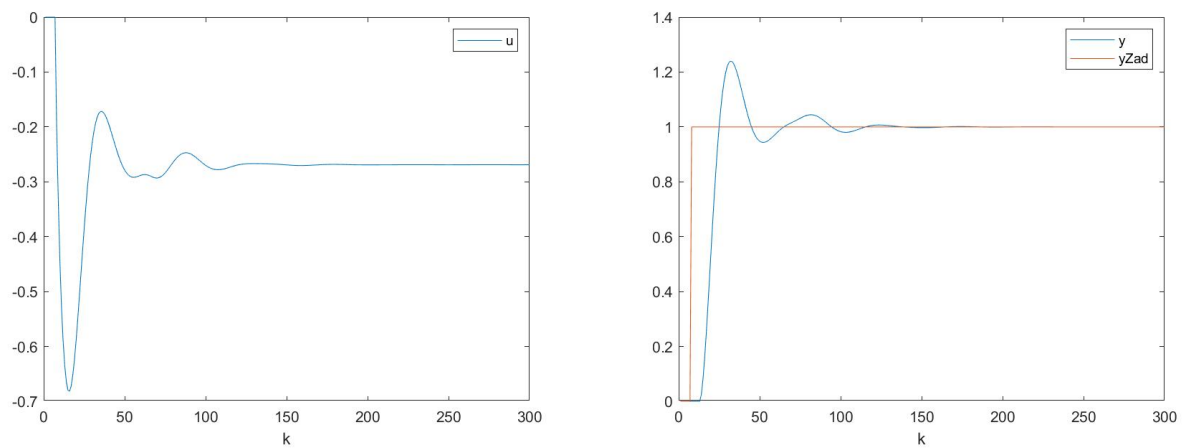
Analogicznie jak poprzednio wybierałem horyzont predykcji. Horyzont predykcji natomiast symulowałem dla wartości od 2 do 20 z krokiem 2 (nie wszystkie wykresy zostały zamieszczone, gdyż uznałem, iż nie jest to

konieczne).

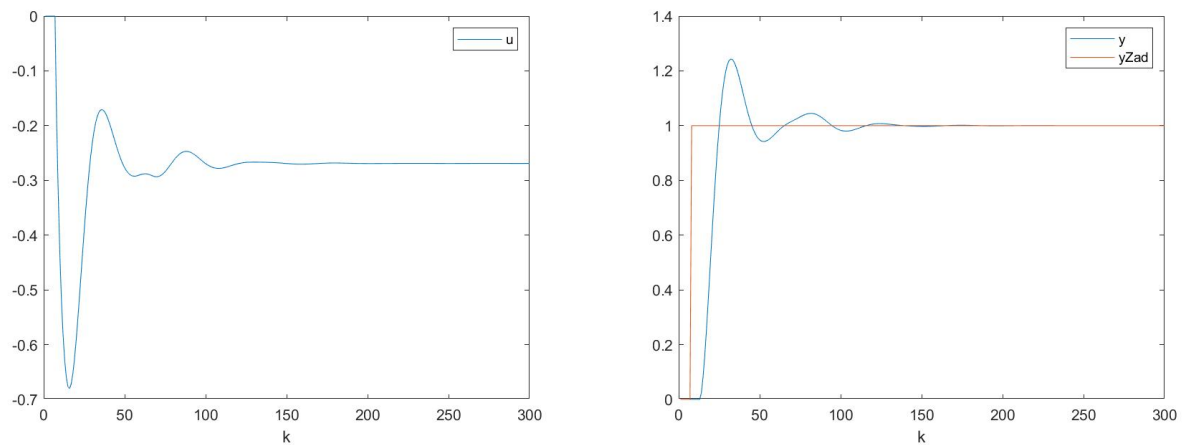


Rysunek 32: Przebiegi błędów regulacji oraz wydatku energetycznego w zależności od parametru N_u

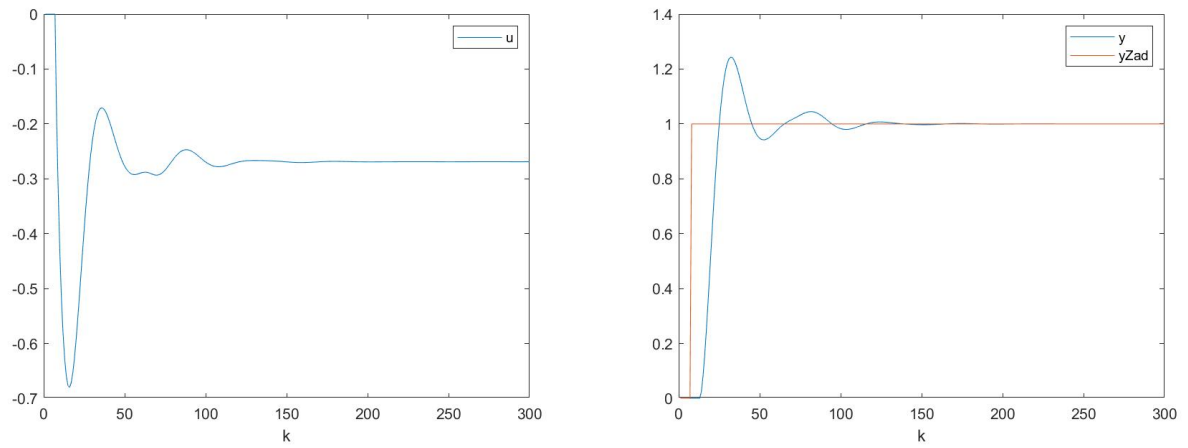
Na podstawie wykresów wybrałem horyzont sterowania równy 4.



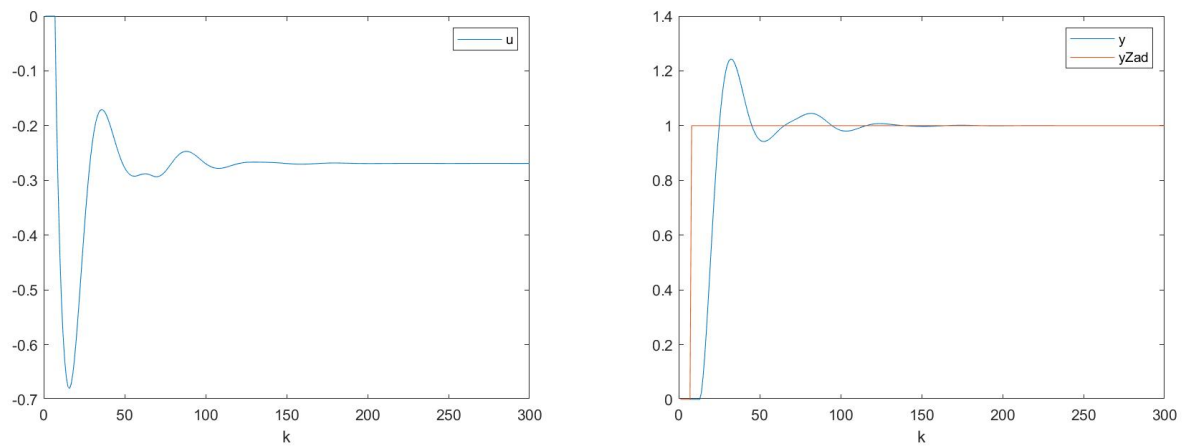
Rysunek 33: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N_u = 2$



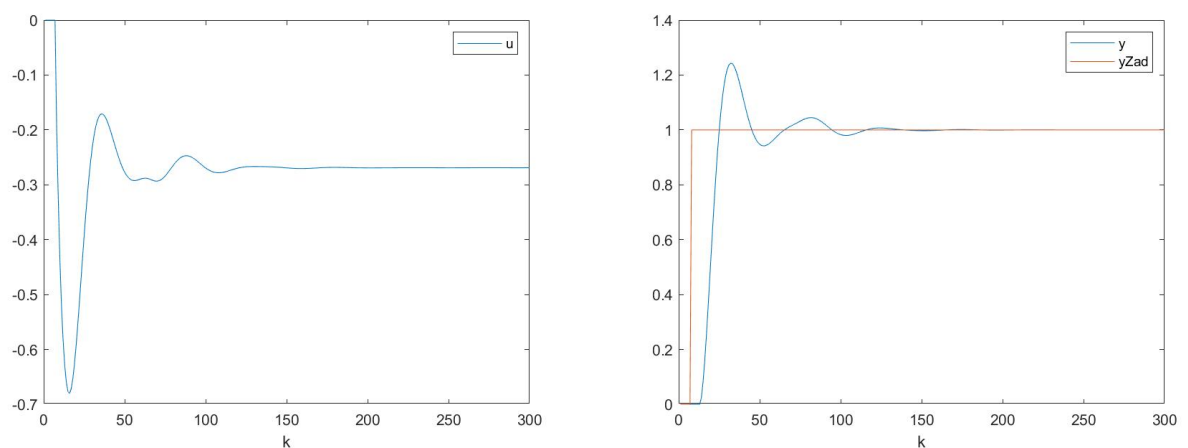
Rysunek 34: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N_u = 6$



Rysunek 35: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N_u = 10$



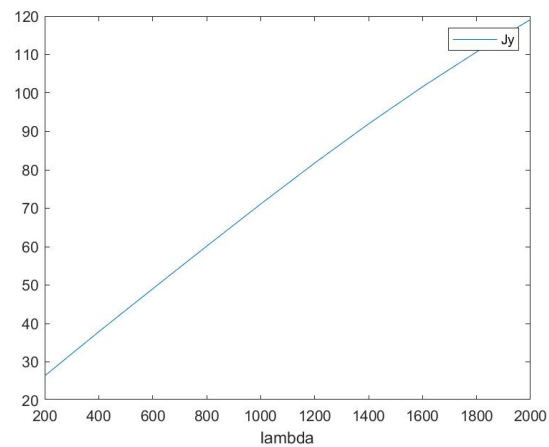
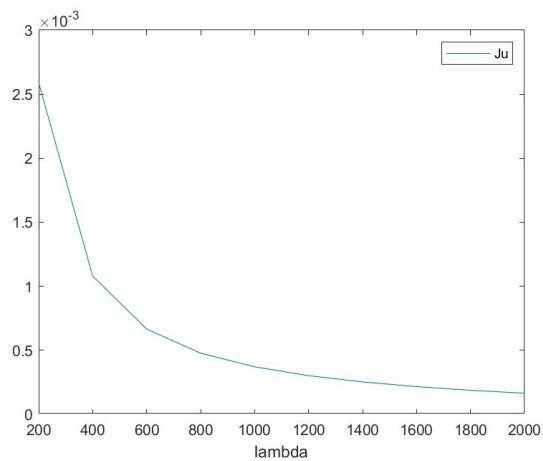
Rysunek 36: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N_u = 14$



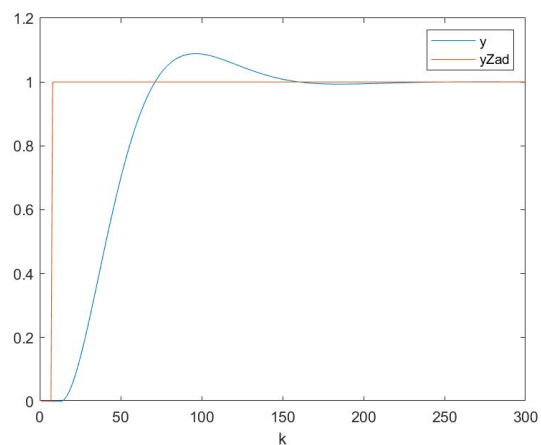
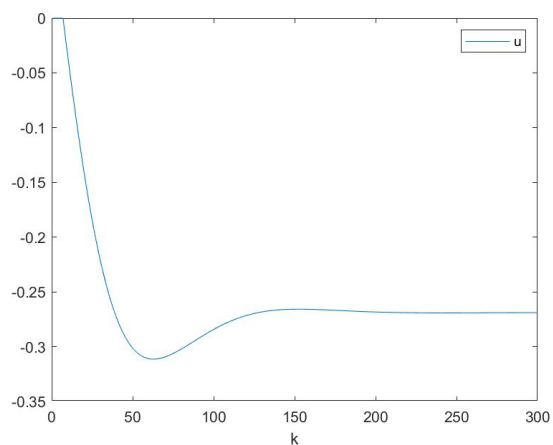
Rysunek 37: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $N_u = 18$

4.4 Wpływ współczynnika λ

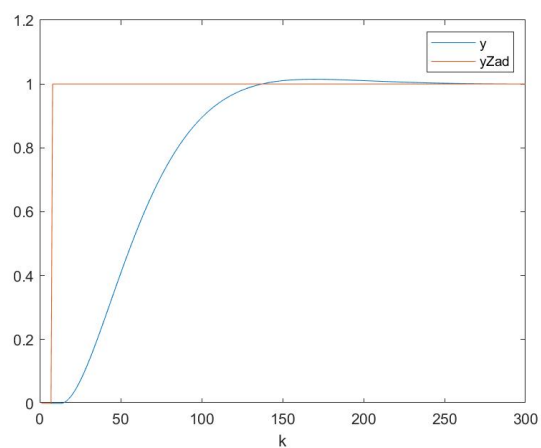
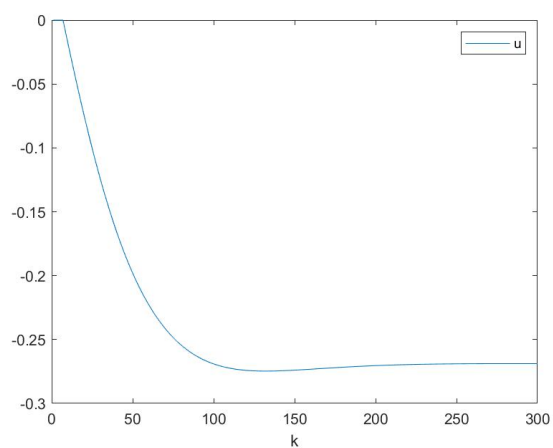
Ostatnim etapem wyznaczania współczynników było wyznaczenie parametru λ . λ symulowałem dla wartości od 200 do 2000 z krokiem 200 (nie wszystkie wykresy zostały zamieszczone, gdyż uznałem, iż nie jest to konieczne).



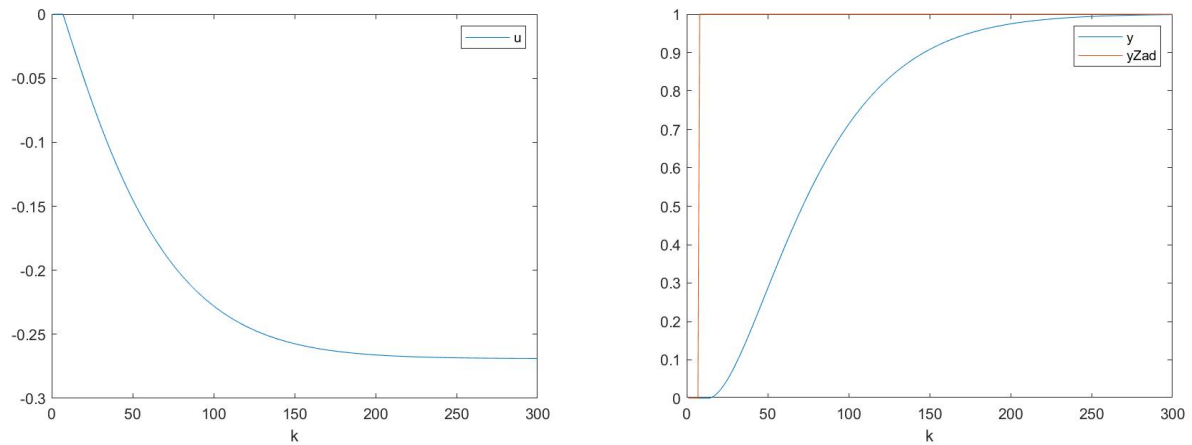
Rysunek 38: Przebiegi błędów regulacji oraz wydatku energetycznego w zależności od parametru λ



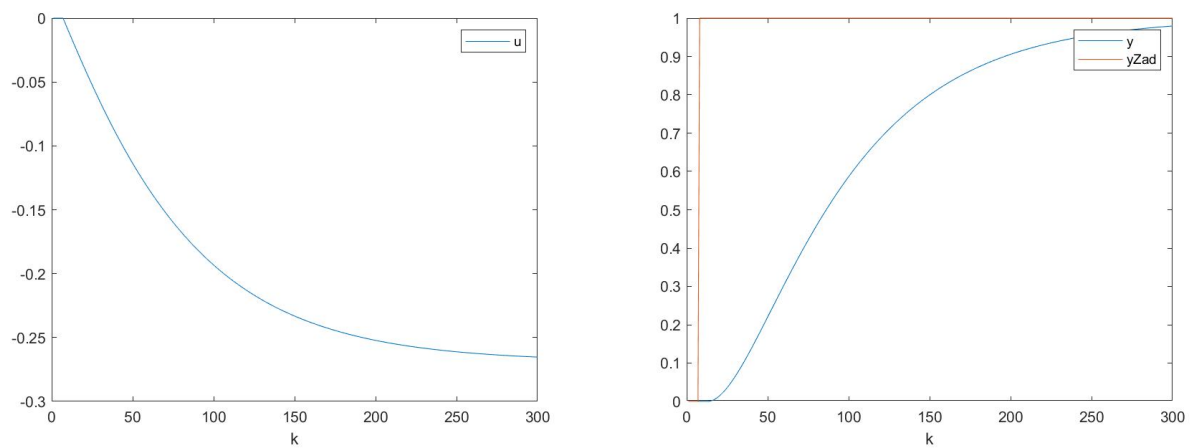
Rysunek 39: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $\lambda = 200$



Rysunek 40: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $\lambda = 400$



Rysunek 41: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $\lambda = 600$



Rysunek 42: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla $\lambda = 800$

Współczynnik lambda jak widzimy na szybkość regulacji. Na podstawie wykresów wybrałem wartość 400.

5 Zadanie 5 - niezmiernalne zakłócenie wyjściowe

Zakłócenia wprowadziłem w sposób następujący:

```
disturption = zeros(finish, 1);

% write value of disturption

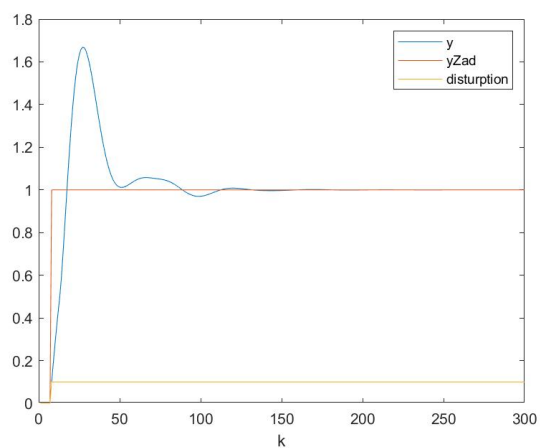
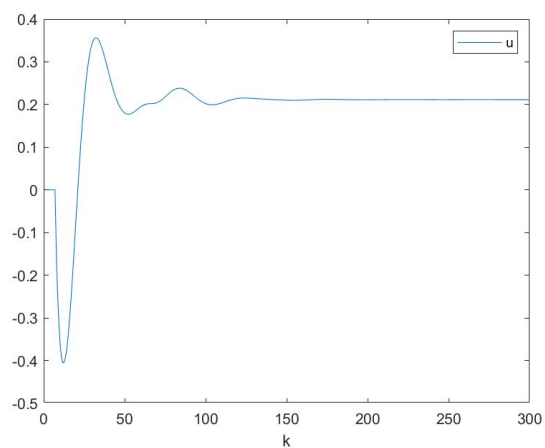
disturption(finish/2:finish) = -1.5;

% W PĘTLI FOR

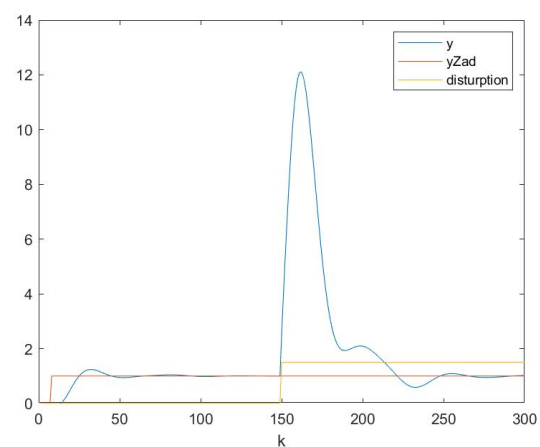
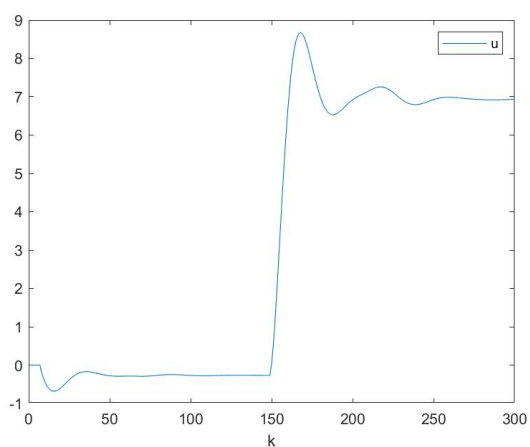
% y(k) model equation
yModel(k) = coefficient(1) * u(k - tau) + coefficient(2) * u(k - tau - 1) - a(1) * yModel(k - 1)

yModel(k) = yModel(k) + disturption(k);
```

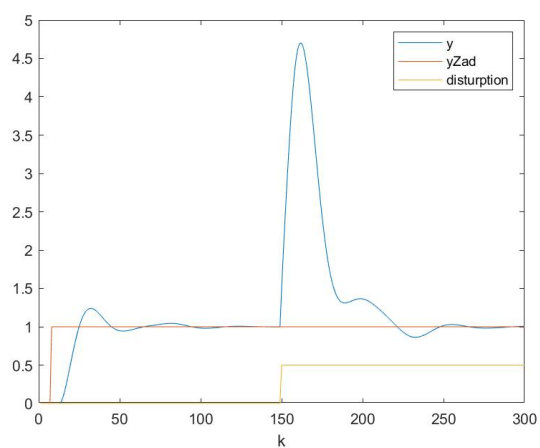
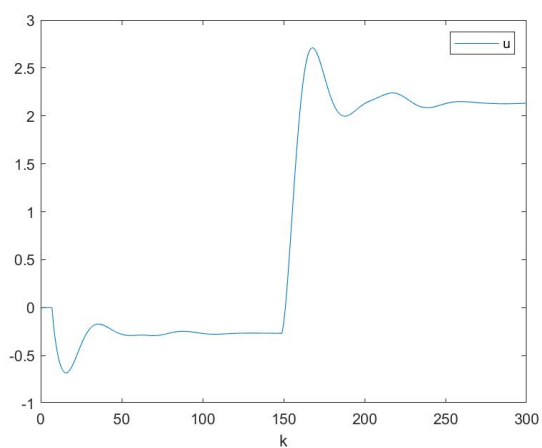
Zastosowałem różne wartości zakłóceń. Ich wartości i wejścia i wyjścia obiektu zostały przedstawione poniżej:



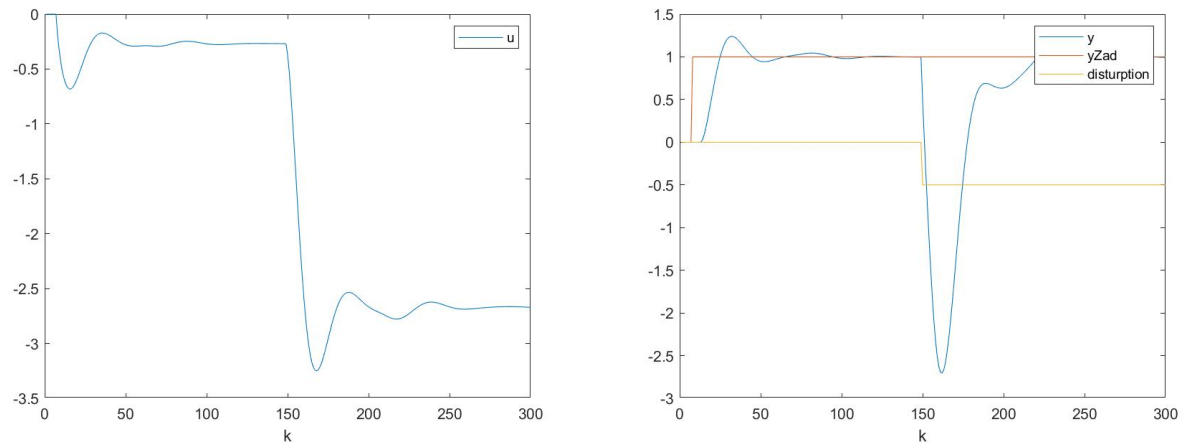
Rysunek 43: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla zakłócenia - $disturption = 0.1$



Rysunek 44: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla zakłócenia - $disturption = 1.5$



Rysunek 45: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej zakłócenia - $disturption = 5$



Rysunek 46: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla zakłócenia - $disturption = 5$

Analizując poniższe wykresy możemy zauważyć, iż algorytm reaguje na zakłócenia i próbuje ustabilizować wartości. Możemy stwierdzić, iż jest on odporny na zakłócenia o podobnych wartościach.

6 Zadanie 6 - uwzględnienie ograniczeń

6.1 Ograniczenia wartości sygnału sterującego

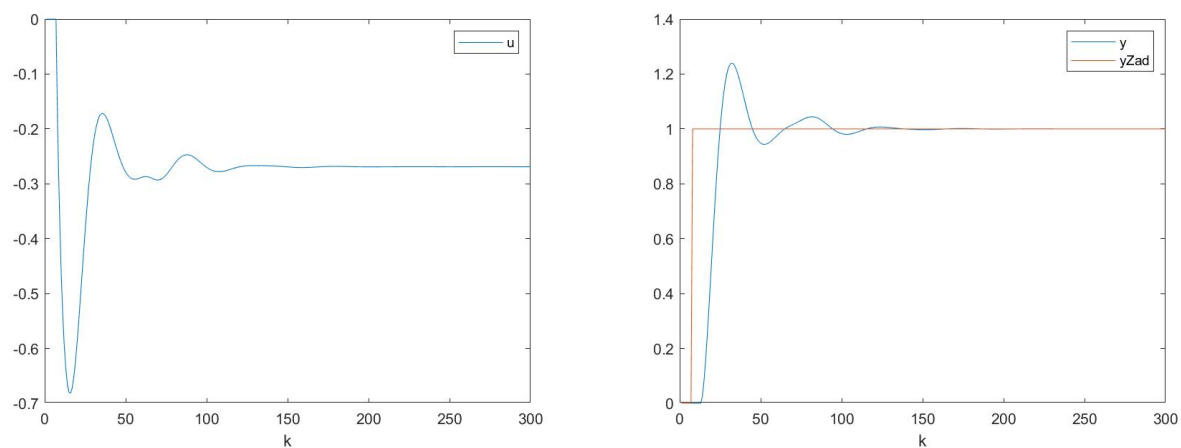
Ograniczenia wartości sygnału sterującego zostały zaimplementowane w następujący sposób:

```
limit = value; % value - wartość przeze mnie wybrana
```

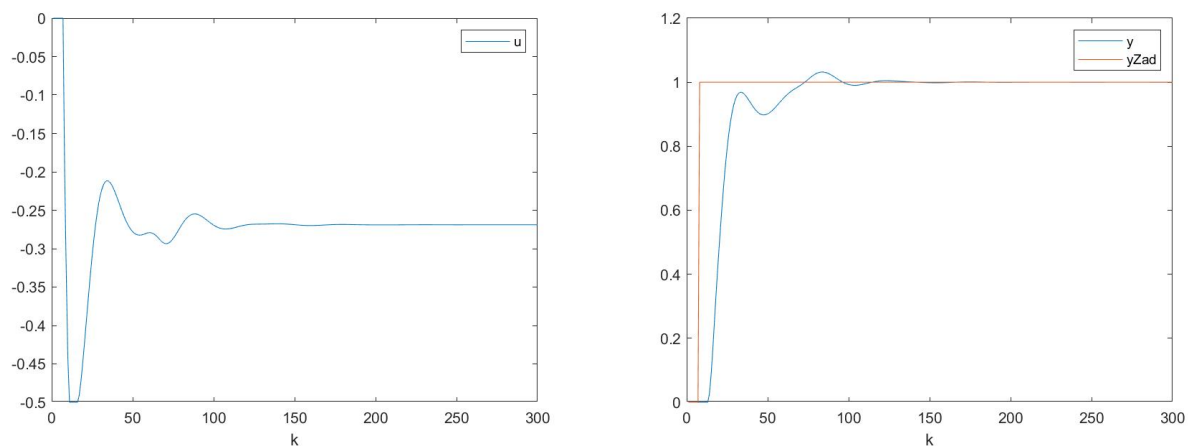
```
uMax = limit;
uMin = -limit;
```

```
% W PĘTLI FOR
```

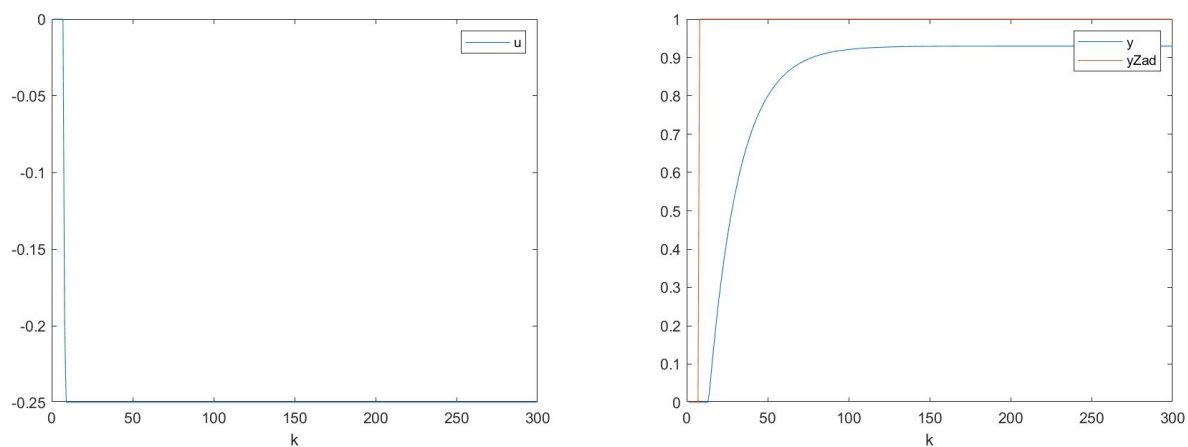
```
    if u(k) > uMax
        u(k) = uMax;
    end
    if u(k) < uMin
        u(k) = uMin;
    end
```



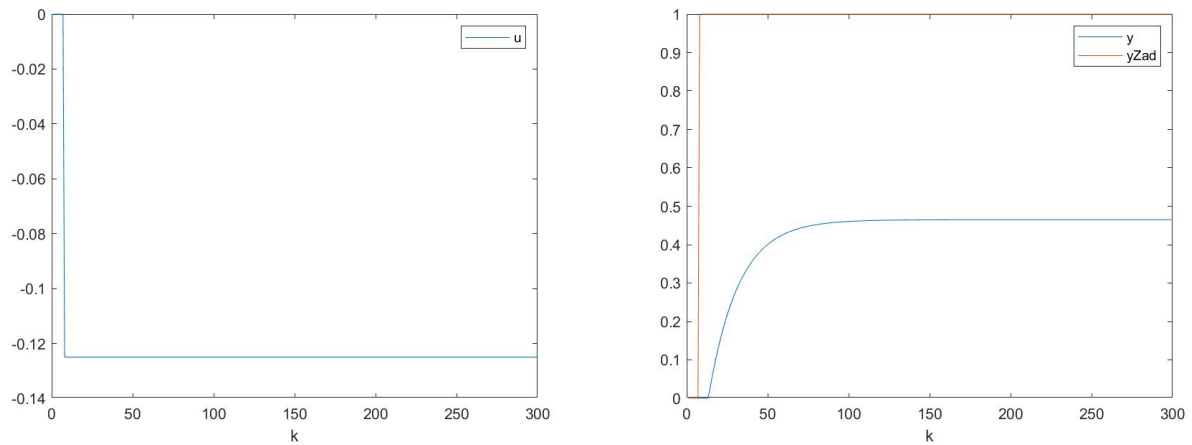
Rysunek 47: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej wartości sygnału sterującego ($value = 1.0$)



Rysunek 48: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej wartości sygnału sterującego ($value = 0.5$)



Rysunek 49: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej wartości sygnału sterującego ($value = 0.25$)



Rysunek 50: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej wartości sygnału sterującego ($value = 0.125$)

6.2 Ograniczenia szybkości zmian sygnału sterującego

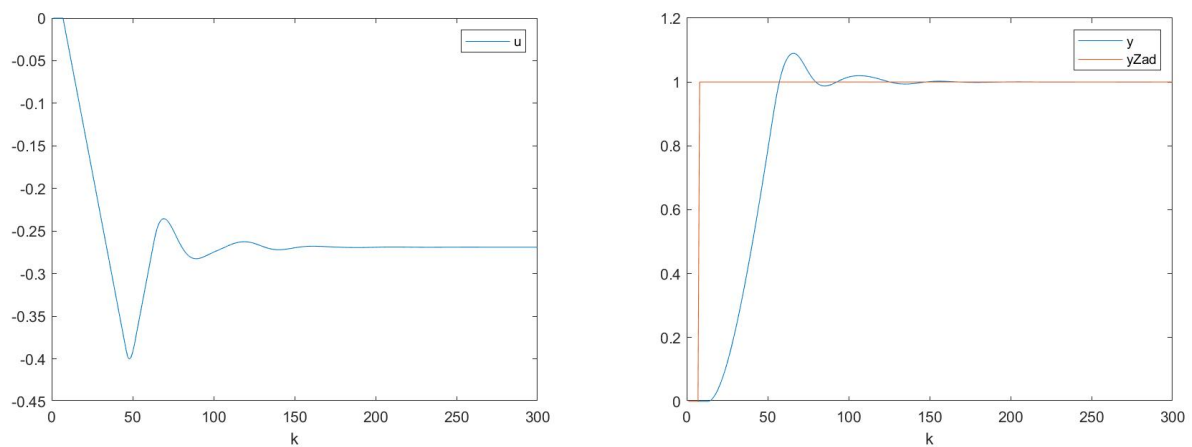
Ograniczenia wartości szybkości zmian sygnału sterującego zostały zaimplementowane w następujący sposób:

```
limit = value; % value - wartość przeze mnie wybrana
```

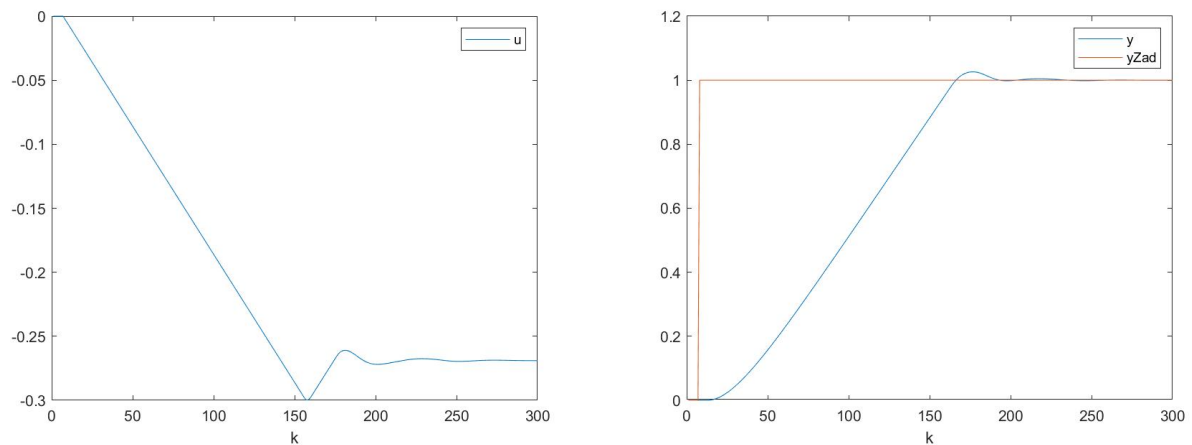
```
dUMax = limit;
dUMin = -limit;
```

```
% W PĘTLI FOR
```

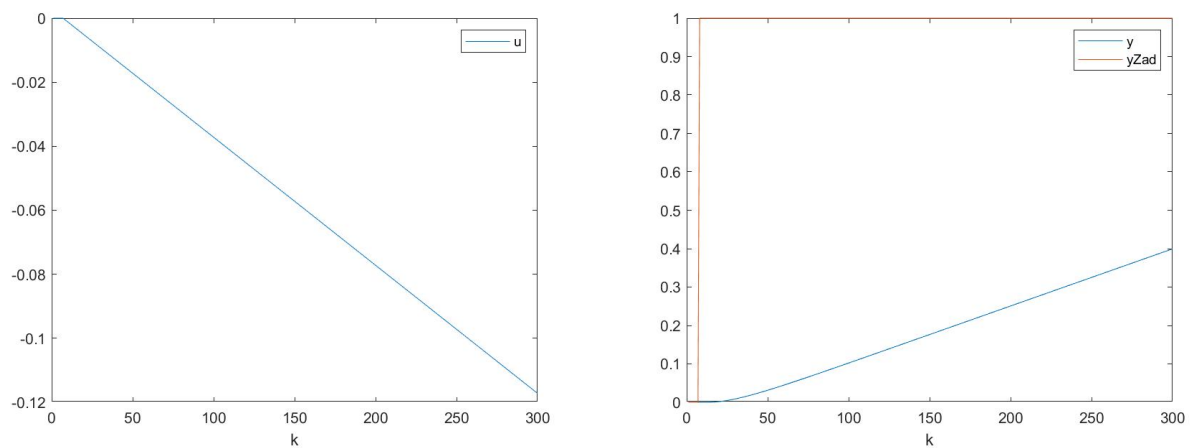
```
if u(k) > dUMax
    u(k) = dUMax;
end
if u(k) < dUMin
    u(k) = dUMin;
end
```



Rysunek 51: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej szybkości zmian sygnału sterującego (0.01)



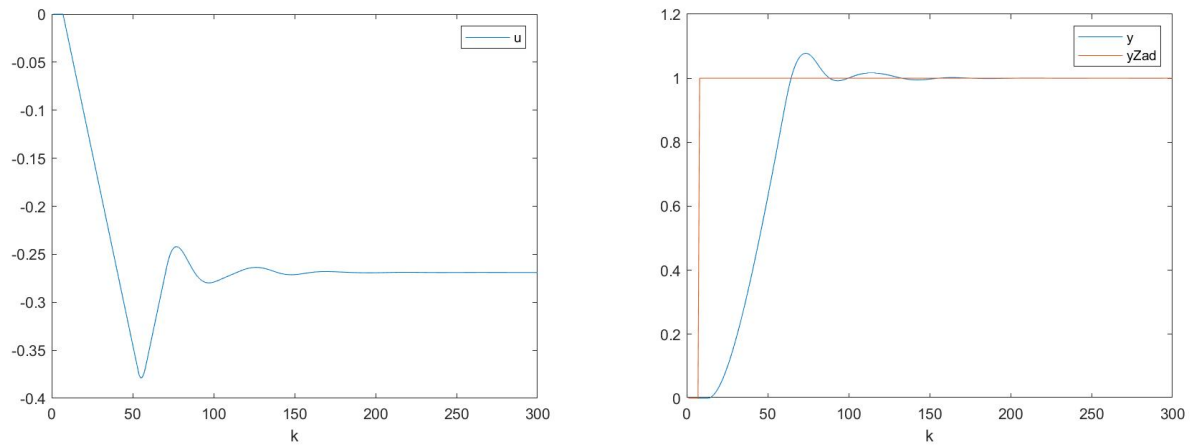
Rysunek 52: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej szybkości zmian sygnału sterującego (0.002)



Rysunek 53: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczej szybkości zmian sygnału sterującego (0.0004)

6.3 Propozycja zapewniająca kompromis między szybkością regulacji a bezpiecznym przebiegiem sygnału sterującego

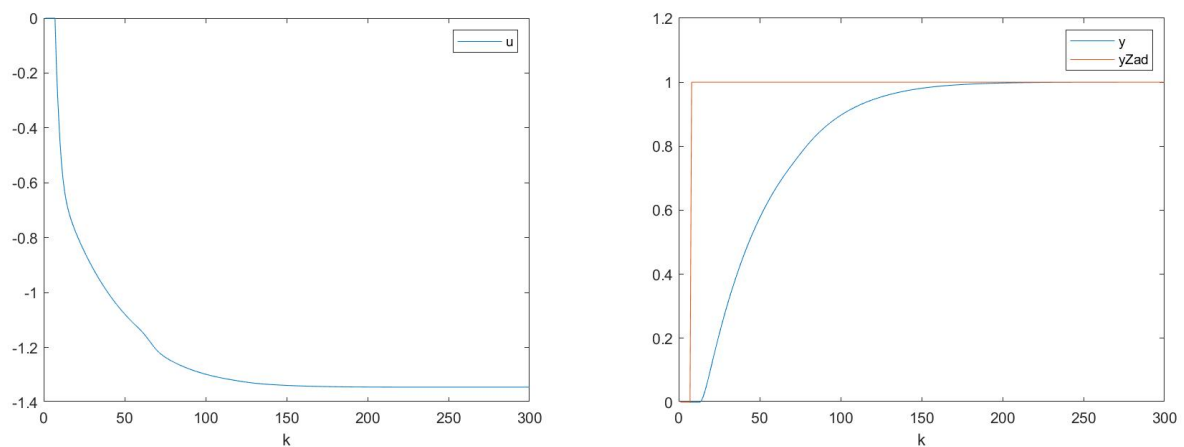
Na podstawie poprzednich eksperymentów mogłem dobrać tak ograniczenia, aby zarówno szybkość jak i bezpieczeństwo regulacji było należyte. Oto efekt doboru ograniczeń.



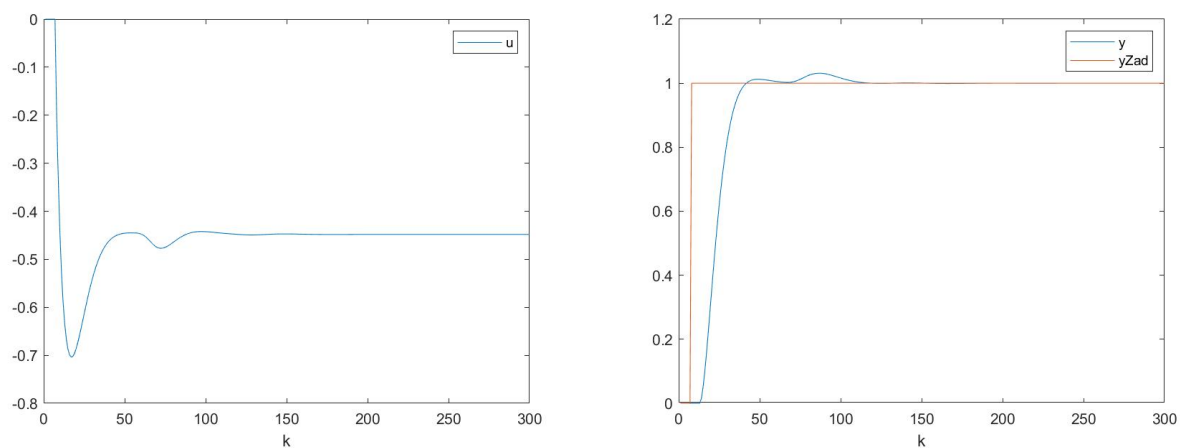
Rysunek 54: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla ograniczonej wartości sygnału sterującego (1.0) oraz szybkości zmian sygnału sterującego (0.008) - propozycja

7 Zadanie dodatkowe - odporność algorytmu DMC

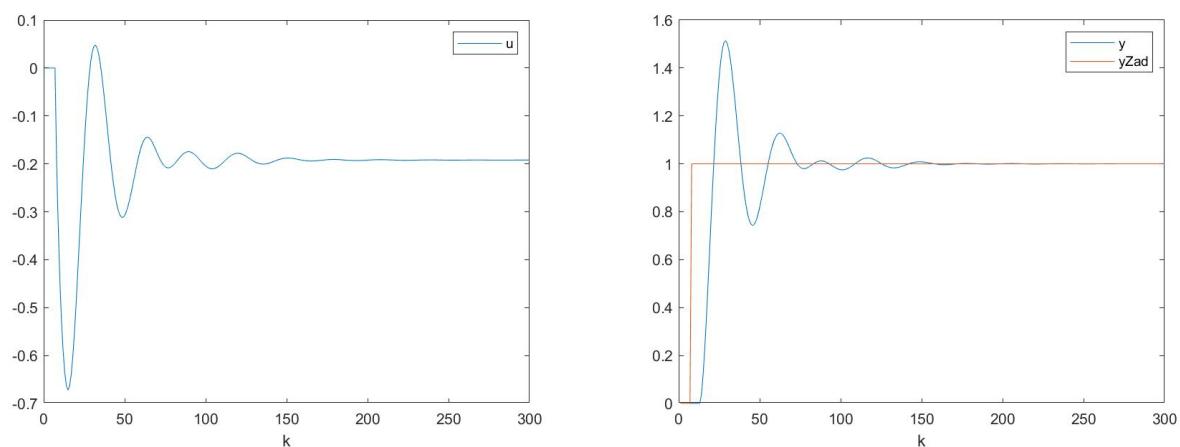
Aby wykonać to zadanie zastosowałem ten sam model odpowiedzi skokowej, natomiast symulowany proces ma zmienione wzmocnienie (przemnożone przez parametr $\alpha = 0.2$).



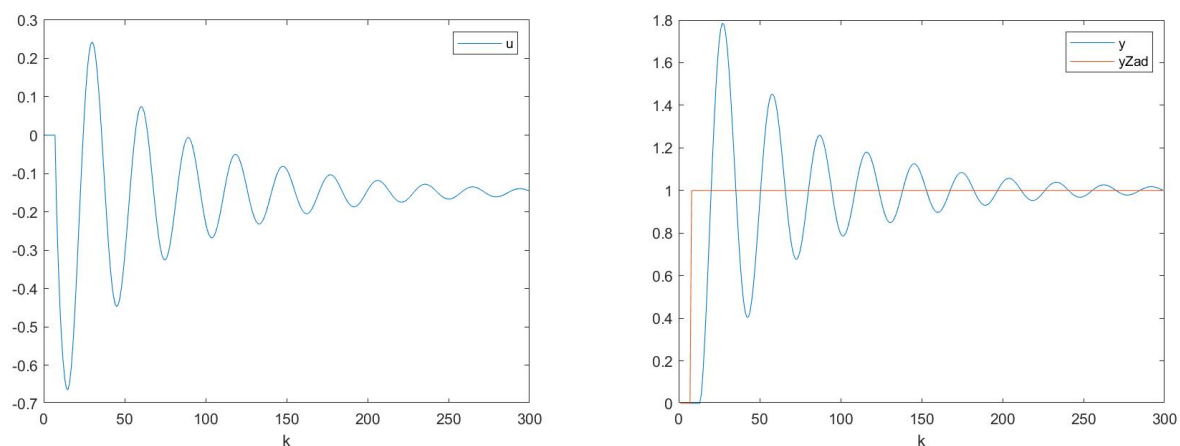
Rysunek 55: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla wartości parametru $\alpha = 0.2$



Rysunek 56: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla wartości parametru $\alpha = 0.6$



Rysunek 57: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla wartości parametru $\alpha = 1.4$



Rysunek 58: Wejście i wyjście obiektu na tle sygnału wartości zadanej dla wartości parametru $\alpha = 1.8$

Jak widzimy regulator DMC bez ograniczeń jest odporny także na wzmacnienie nieznane dla współczynnika α z zakresu 0.2 do 1.8 (oczywiście jakość regulacji jest gorsza).