

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu nr 4

Bartłomiej Boczek, Aleksander Piotrowski, Łukasz Śmigielski

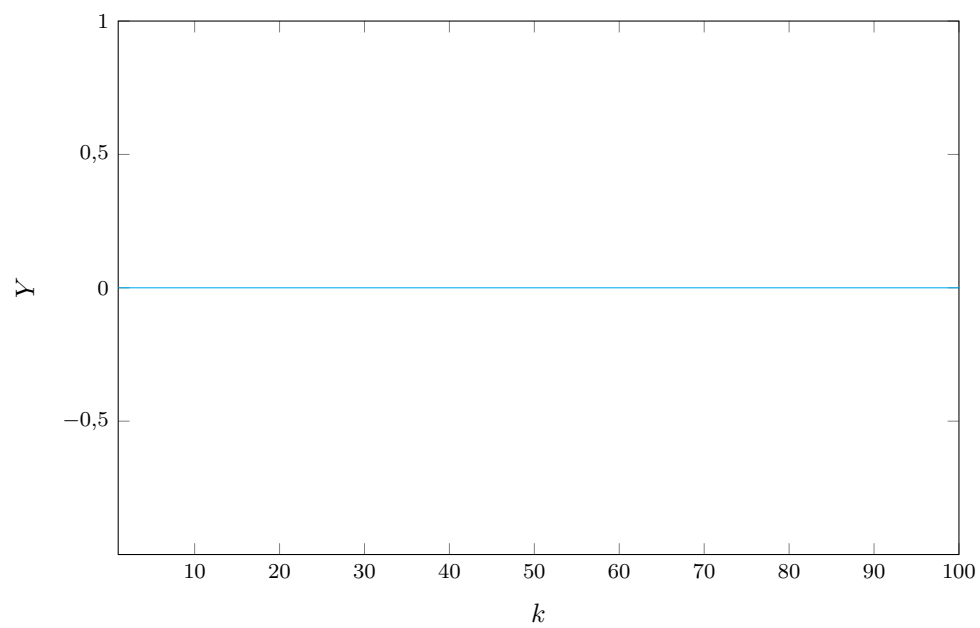
Warszawa, 7 maja 2017

Spis treści

1. Punkt 1	2
2. Punkt 2	3
3. Punkt 3 i 4	5
4. Punkt 5	7
5. Punkt 6	10
6. Punkt 7	13

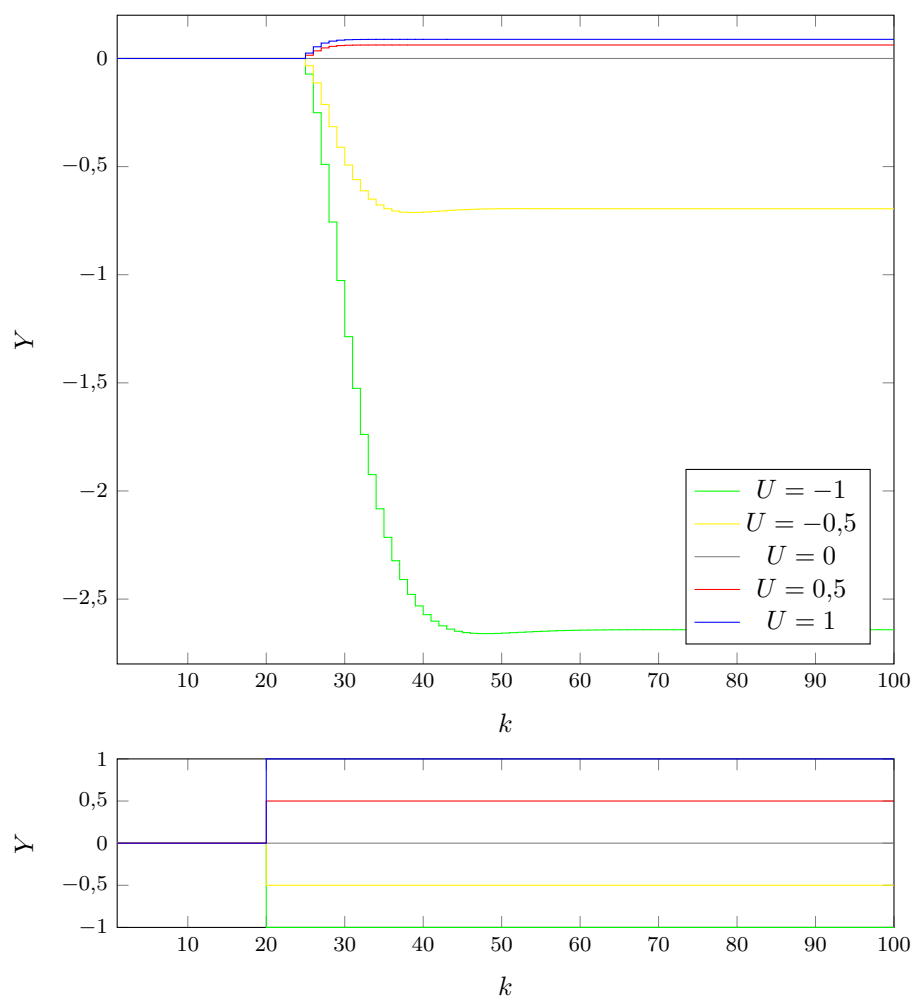
1. Punkt 1

Punkt pracy jest poprawny, obiekt nie zmienia swojego stanu przy podaniu U_{pp}

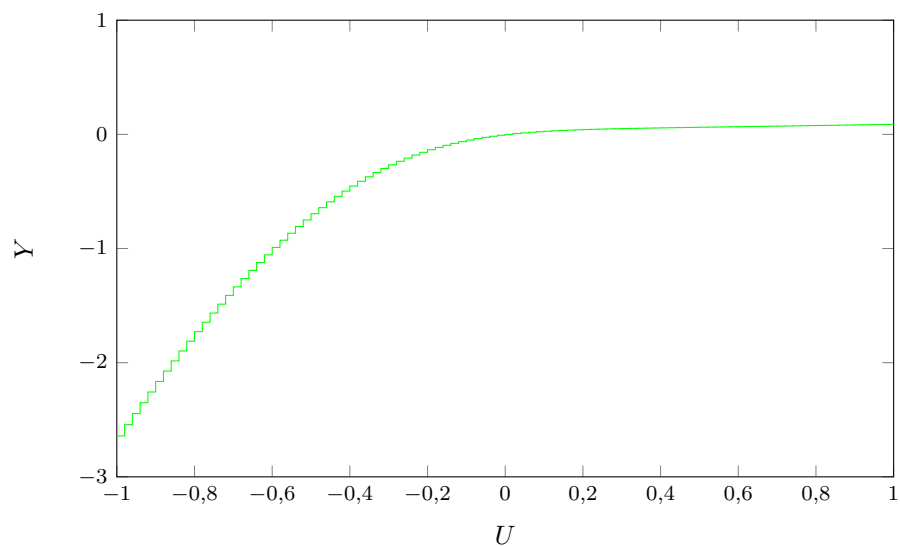


Rys. 1.1. Punkt pracy

2. Punkt 2



Rys. 2.1. Odpowiedzi skokowe procesu dla pięciu różnych zmian sygnału sterującego



Rys. 2.2. Charakterystyka statyczna

Właściwości statyczne obiektu nie są w całościowym ujęciu - względem dziedzin U - liniowe. Charakterystyka statyczna to złożenie dwóch prostych, pierwszej szybko rosnącej, drugiej bardzo wolno, niemal stale, z punktem przegięcia w okolicach $-0,1(u)$ Właściwości dynamiczne obiektu: układ jest stabilny, ma opóźnienie w ilości 5 chwil k , ma jedną lub dwie inercje; wszystkie te cechy dynamiczne można uznać za w przybliżeniu liniowe.

3. Punkt 3 i 4

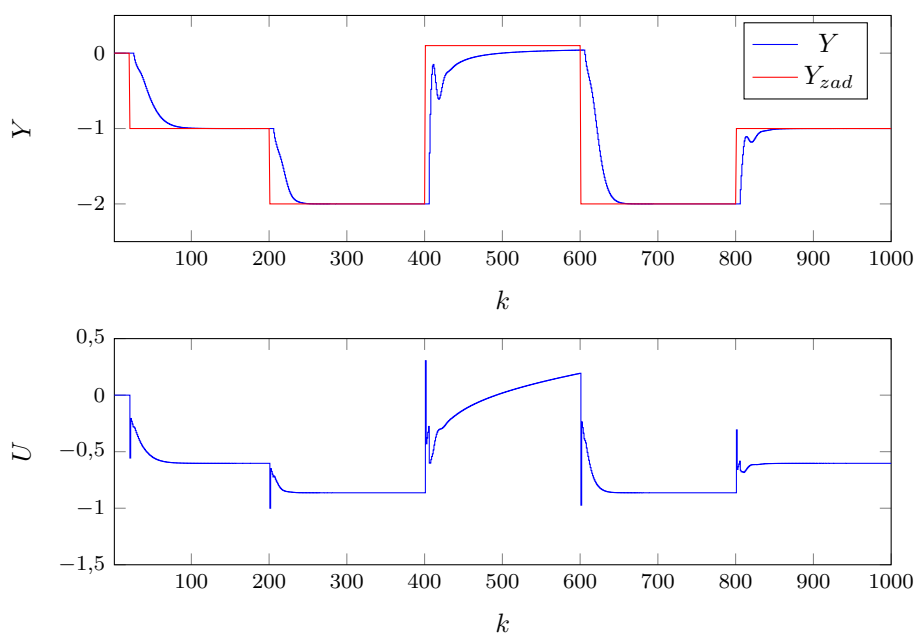
Symulacja trwa 1000 chwil. Skoki:

- $k=21$, $y_{zad} = -1$
- $k=201$, $y_{zad} = -2$
- $k=401$, $y_{zad} = -0,1$
- $k=601$, $y_{zad} = -2$
- $k=801$, $y_{zad} = -1$

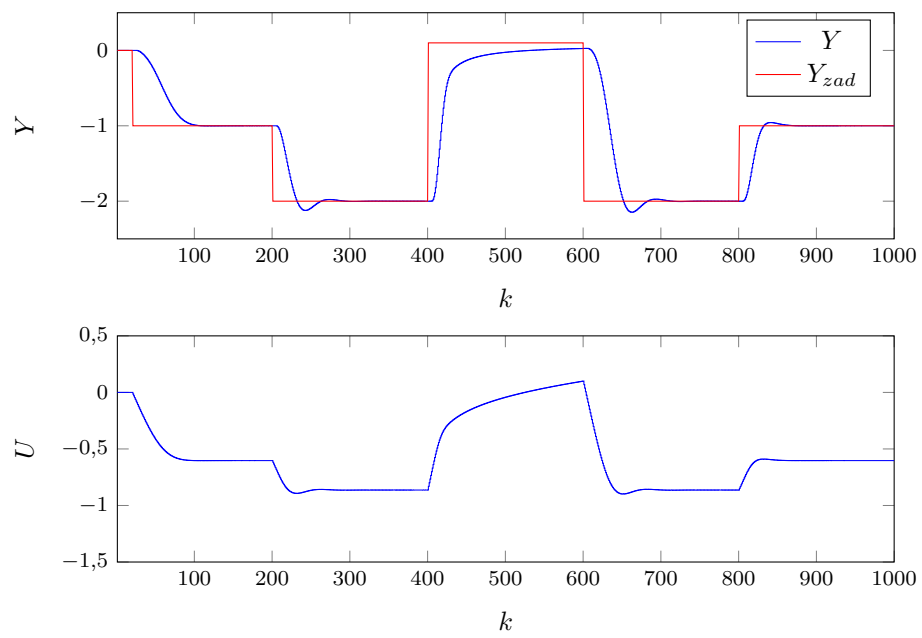
PID, parametry: $K=0,17$; $T_i=3,5$; $T_d=1,1$;
DMC, parametry: $D=N=N_u=50$; $\lambda=250$;
Parametry dobrane eksperymentalnie.

Widzimy, że dla skoków wartości zadanej zawierających się w pierwszej, szybszej części charakterystyki statycznej regulatory działają dużo lepiej niż w przypadku skoków zawierających się w drugiej, bardzo wolnej części charakterystyki. 200 chwil k to za mało, aby obiekt osiągnął wartość zadaną podczas gdy osiągnięcie "szybszej" wartości zadanej zajmuje mu kilkadziesiąt chwil.

Strojenie liniowego regulatora w tym przypadku przy pomocy optymalizatorów zapewne dałoby lepszy efekt, ale nadal nieliniowość obiektu mocno by "dokuczała" i nie byłaby to tak dobra regulacja jak w przypadku obiektu liniowego.



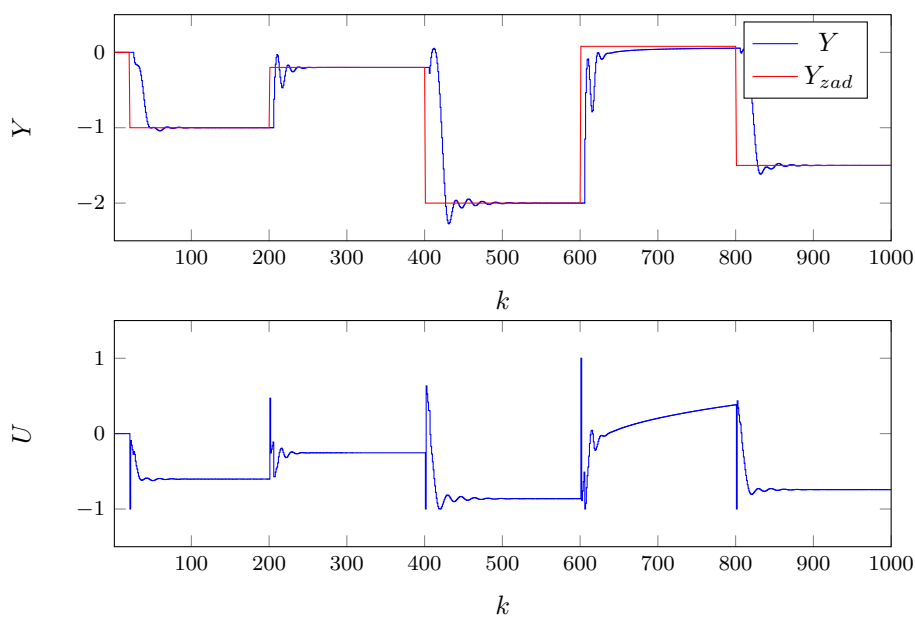
Rys. 3.1. Przebiegi sygnałów dla PID, błąd $E = 133,2526$

Rys. 3.2. Przebiegi sygnałów dla DMC, błąd $E = 236,8488$

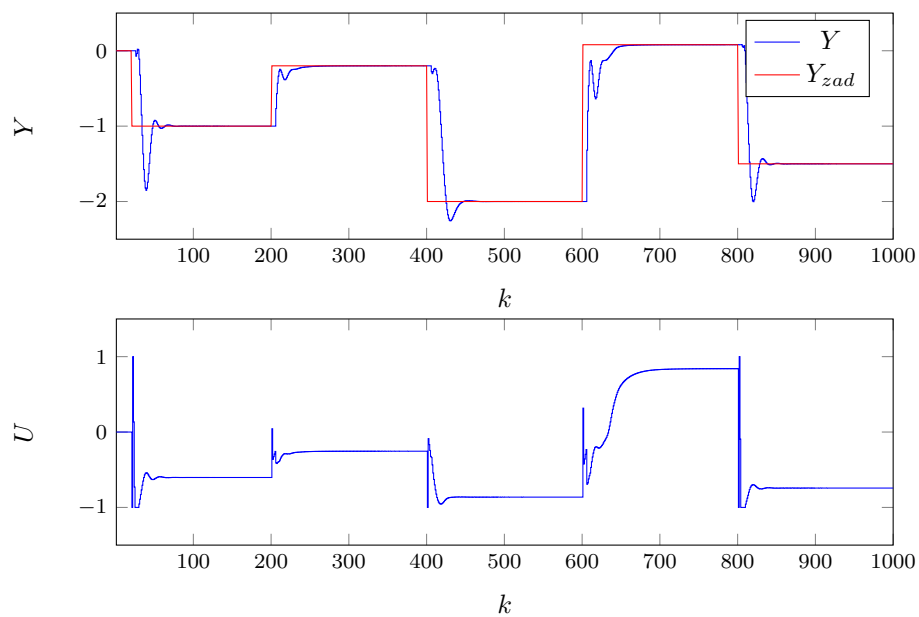
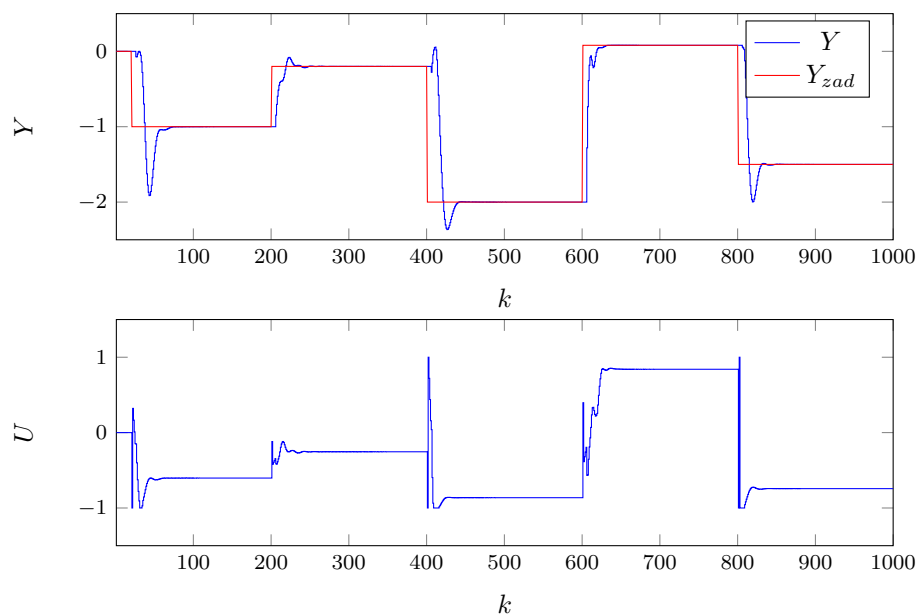
4. Punkt 5

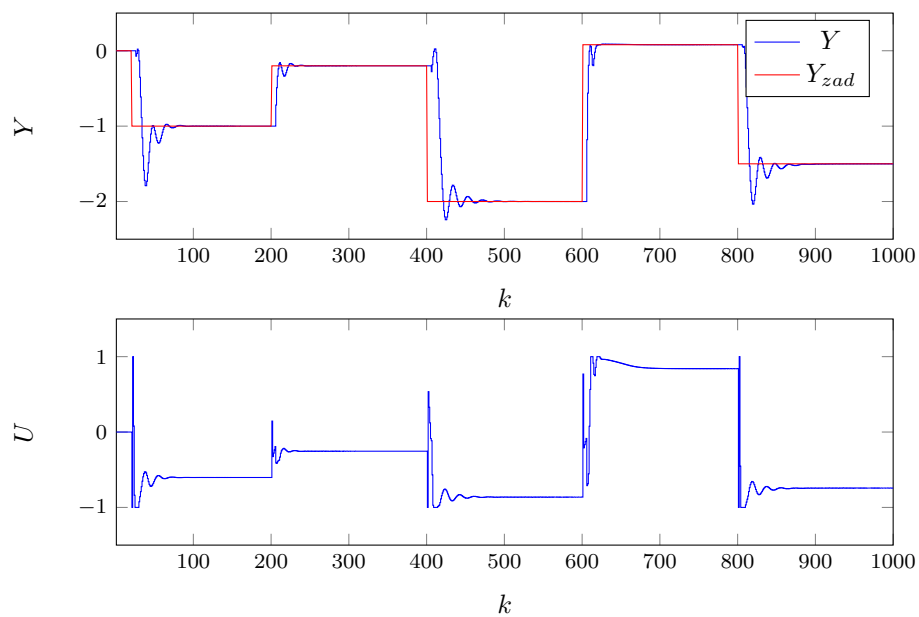
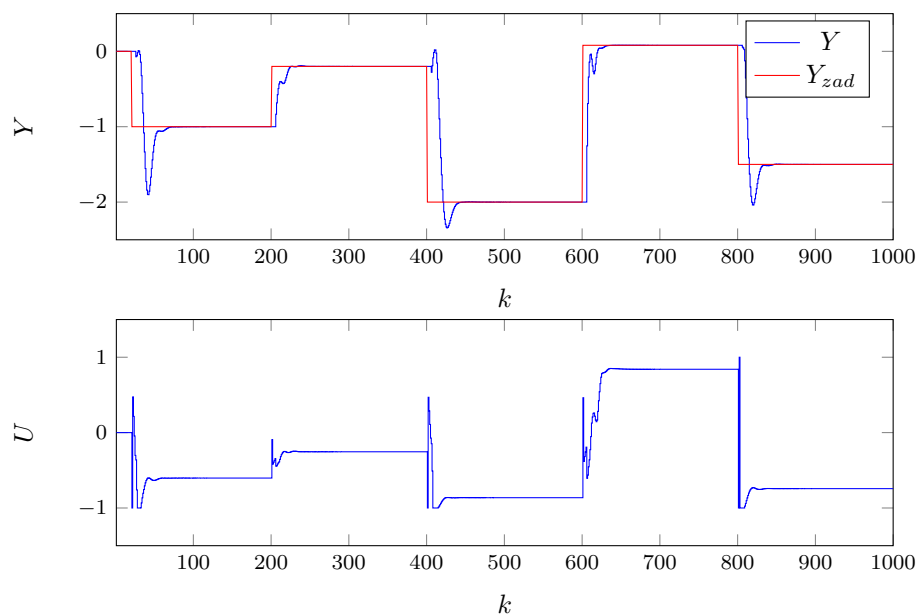
Rozmyty regulator PID:

We wszystkich przypadkach poza pierwszym jakość regulacji jest lepsza zarówno pod względem wskaźnika E jak i jakości przebiegów. Regulatory rozmyte dobrze sobie radzą z nieliniowością obiektu, drobne wahania błędu względem liczby regulatorów lokalnych wynikają z niedokładnego podzielenia dziedziny U pomiędzy funkcje przynależności. Rozmyty regulator z jednym regulatorem lokalnym kiepsko radzi sobie z wolniejszą częścią charakterystyki statycznej obiektu; 200 chwil k ledwo wystarcza aby obiekt osiągnął wartość zadaną. Dobieranie parametrów regulatorów lokalnych odbyło się przy pomocy optymalizatora 'ga'. Dodaliśmy ograniczenia kostkowe na każdy parametr 0 i param i 50; i uśredniliśmy kilka wyników optymalizatora ponieważ jest to algorytm niedeterministyczny i za każdym razem dawał inny wynik.



Rys. 4.1. Przebiegi sygnałów dla 1 regulatora, błąd $E = 159,1203$

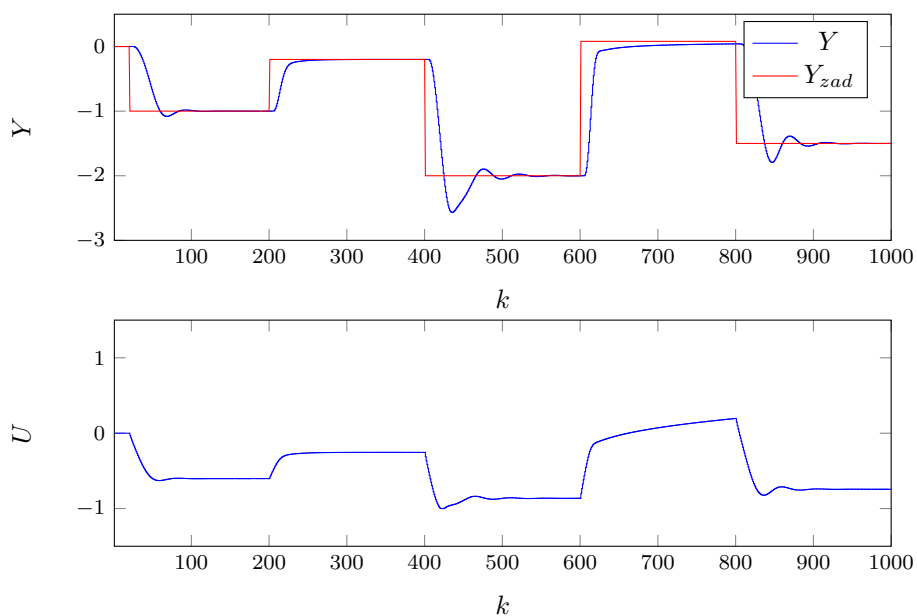
Rys. 4.2. Przebiegi sygnałów dla 2 regulatorów, błąd $E = 126,4950$ Rys. 4.3. Przebiegi sygnałów dla 3 regulatorów, błąd $E = 129,3428$

Rys. 4.4. Przebiegi sygnałów dla 4 regulatorów, błąd $E = 121,9314$ Rys. 4.5. Przebiegi sygnałów dla 5 regulatorów, błąd $E = 126,6583$

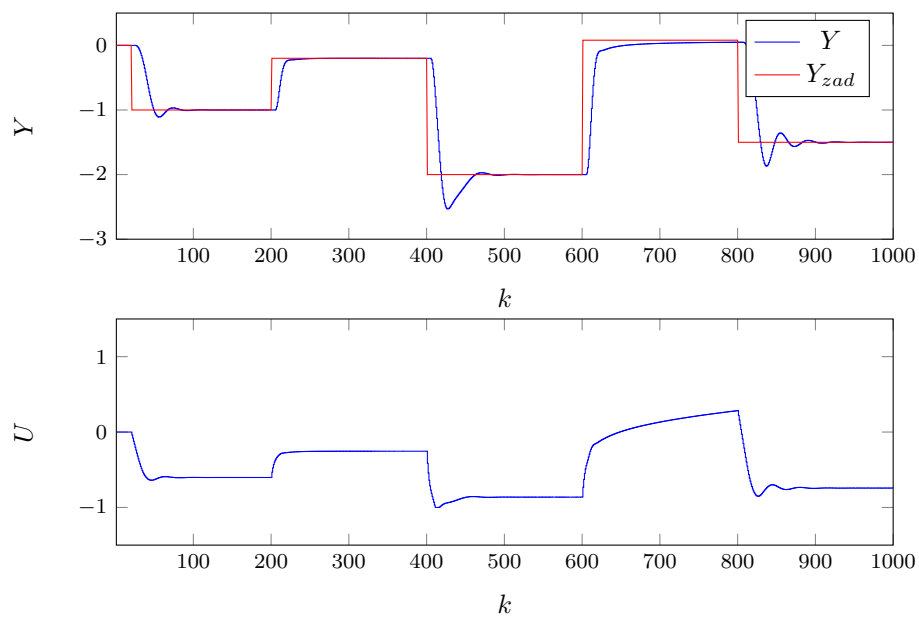
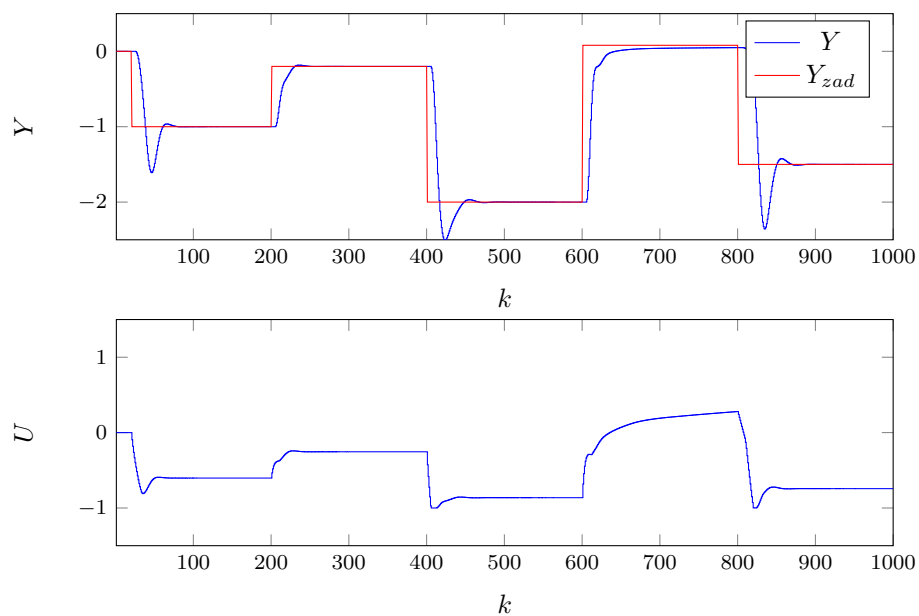
5. Punkt 6

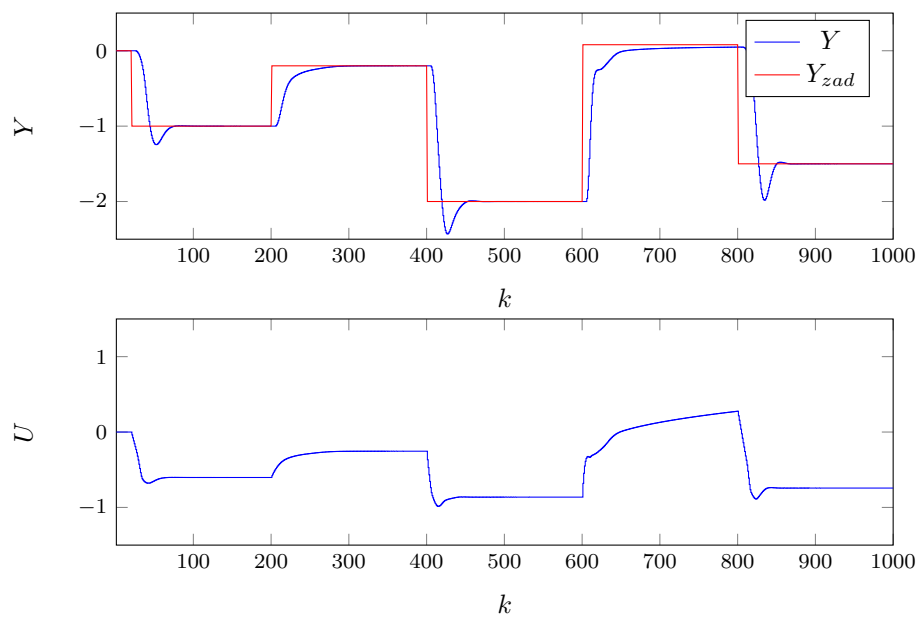
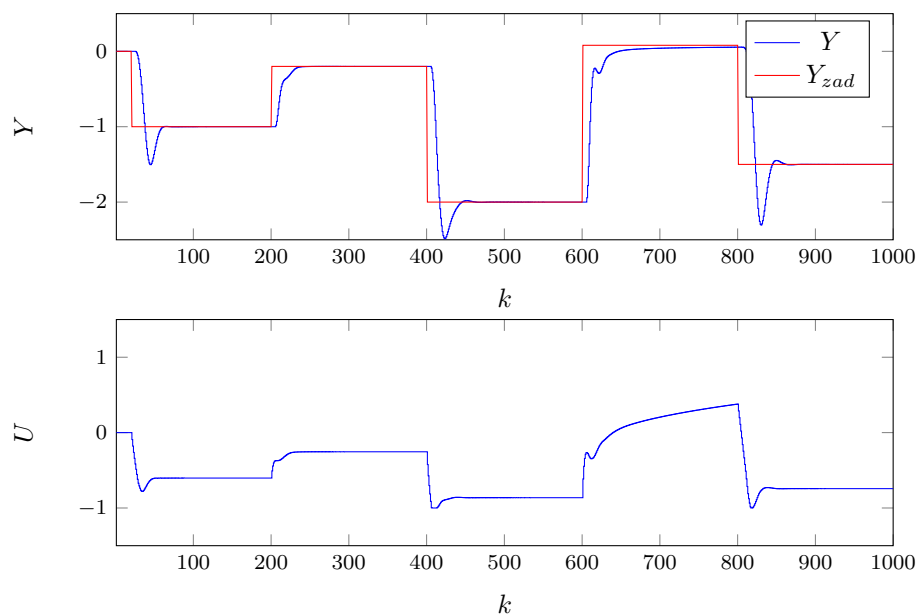
Rozmyty regulator DMC:

Podobnie jak w poprzednim przypadku, regulacja rozmyta daje znacznie lepsze efekty pod względem jakościowym i ilościowym; w każdym przypadku błąd E jest znacznie mniejszy w porównaniu do regulacji liniowej. Ponownie, wachania błędu względem regulatorów lokalnych wynikają z doboru 'na oko' (eksperymentalnego) parametrów funkcji przynależności oraz parametrów λ , jednak tak jak się można spodziewać, najlepszy wynik dał regulator z pięcioma regulatorami lokalnymi.



Rys. 5.1. Przebiegi sygnałów dla 1 regulatora, błąd $E = 179,4611$

Rys. 5.2. Przebiegi sygnałów dla 2 regulatorów, błąd $E = 148,1608$ Rys. 5.3. Przebiegi sygnałów dla 3 regulatorów, błąd $E = 149,4896$

Rys. 5.4. Przebiegi sygnałów dla 4 regulatorów, błąd $E = 147,9031$ Rys. 5.5. Przebiegi sygnałów dla 5 regulatorów, błąd $E = 134,2346$

6. Punkt 7

Rozmyty regulator DMC z różnymi parametrami λ :

1 regulator: $\lambda = 570$

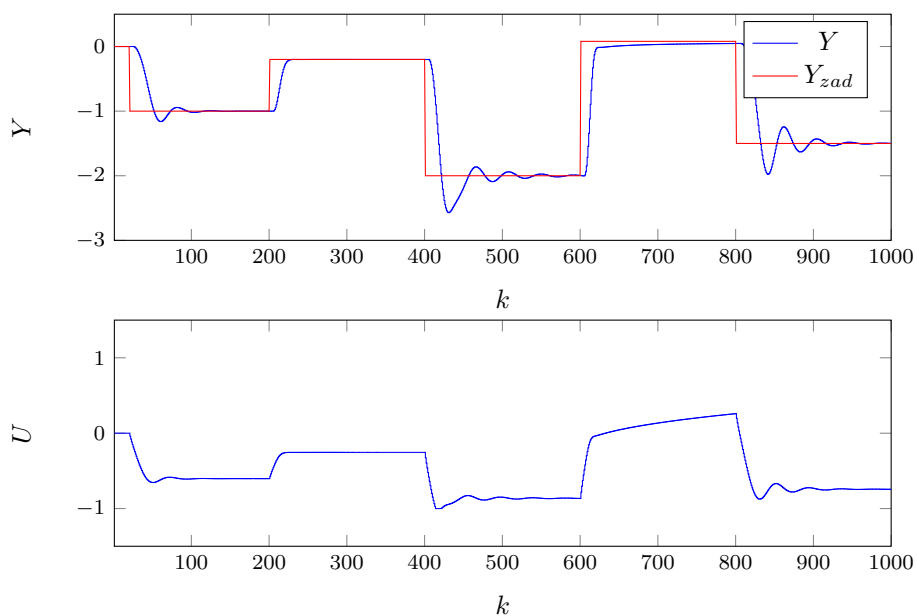
2 regulator: $\lambda = 500, 10$

3 regulator: $\lambda = 800, 30, 10$

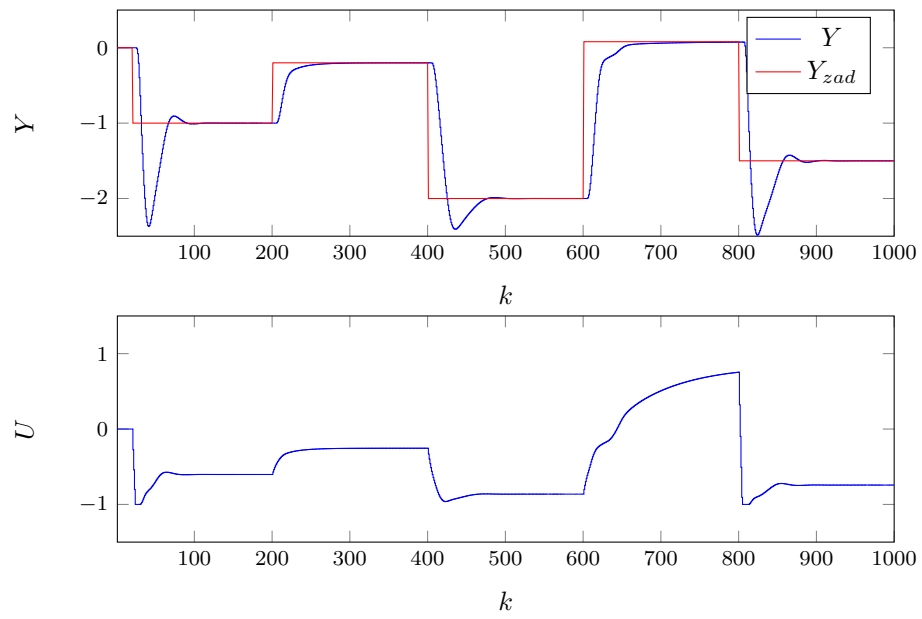
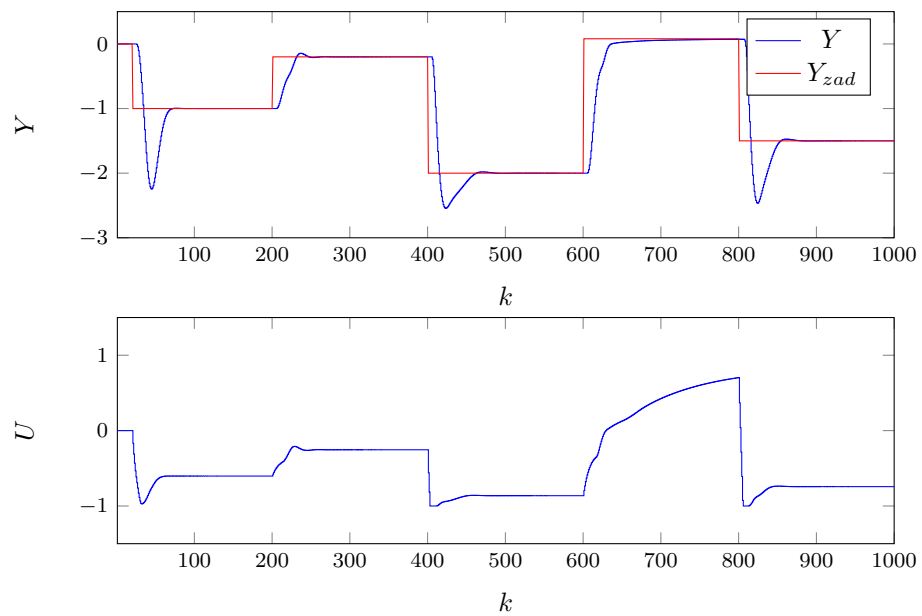
4 regulator: $\lambda = 100, 50, 10, 10$

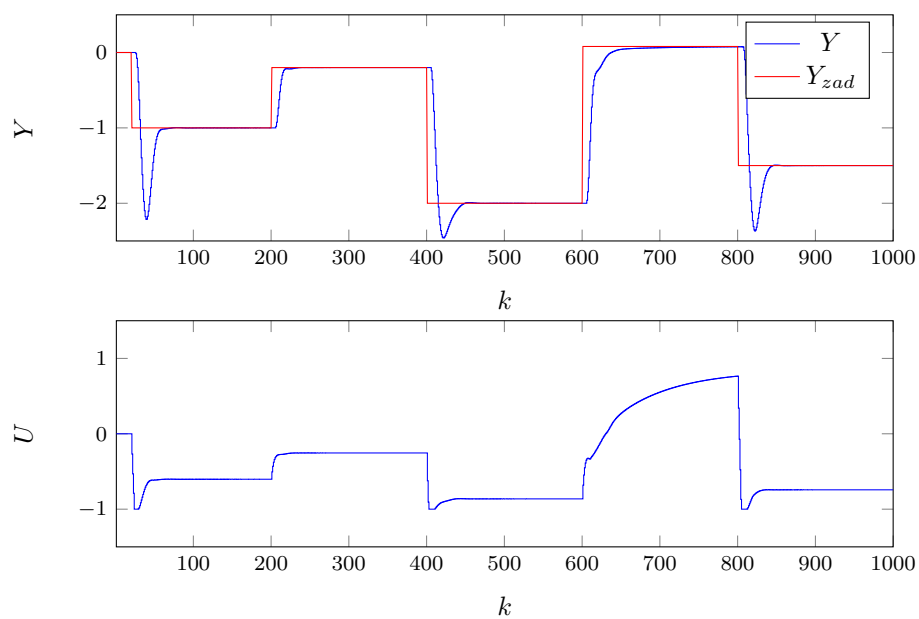
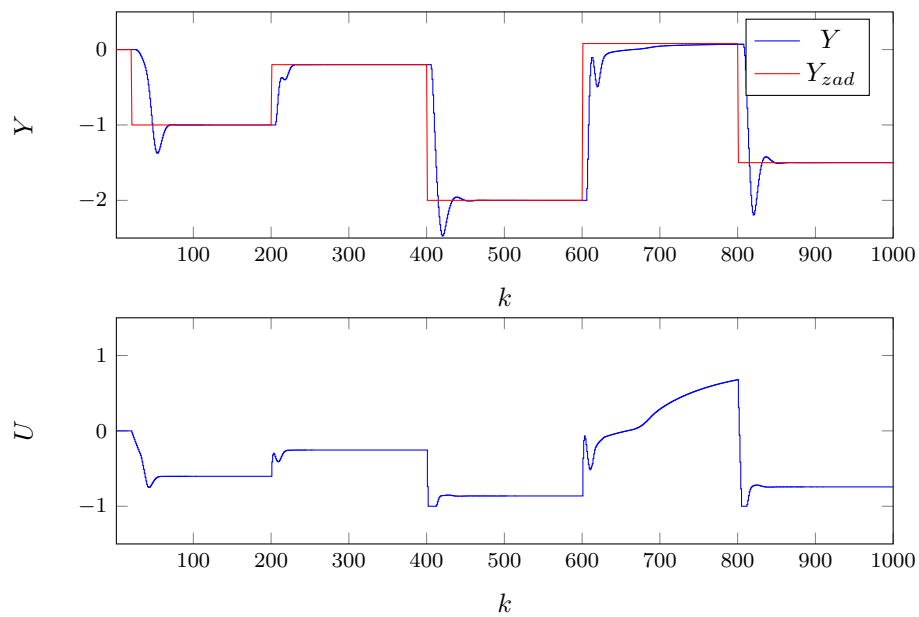
5 regulatorów: $\lambda = 10, 10, 10, 500, 10$

Starając się osiągnąć kompromis pomiędzy minimalizacją błędu E , a jakością przebiegów, osiągnęliśmy metodą eksperymentalną następujące rezultaty:



Rys. 6.1. Przebiegi sygnałów dla 1 regulatora, błąd $E = 165,7639$

Rys. 6.2. Przebiegi sygnałów dla 2 regulatorów, błąd $E = 181,5727$ Rys. 6.3. Przebiegi sygnałów dla 3 regulatorów, błąd $E = 162,3975$

Rys. 6.4. Przebiegi sygnałów dla 4 regulatorów, błąd $E = 129,4927$ Rys. 6.5. Przebiegi sygnałów dla 5 regulatorów, błąd $E = 113,2183$

W tym przypadku korelacja błędu i jakości regulacji a liczbą regulatorów jest wyraźna i zgodna z oczekiwaniem. Poza pierwszym przypadkiem, błąd maleje, a jakość regulacji rośnie wraz ze wzrostem liczby regulatorów lokalnych.