

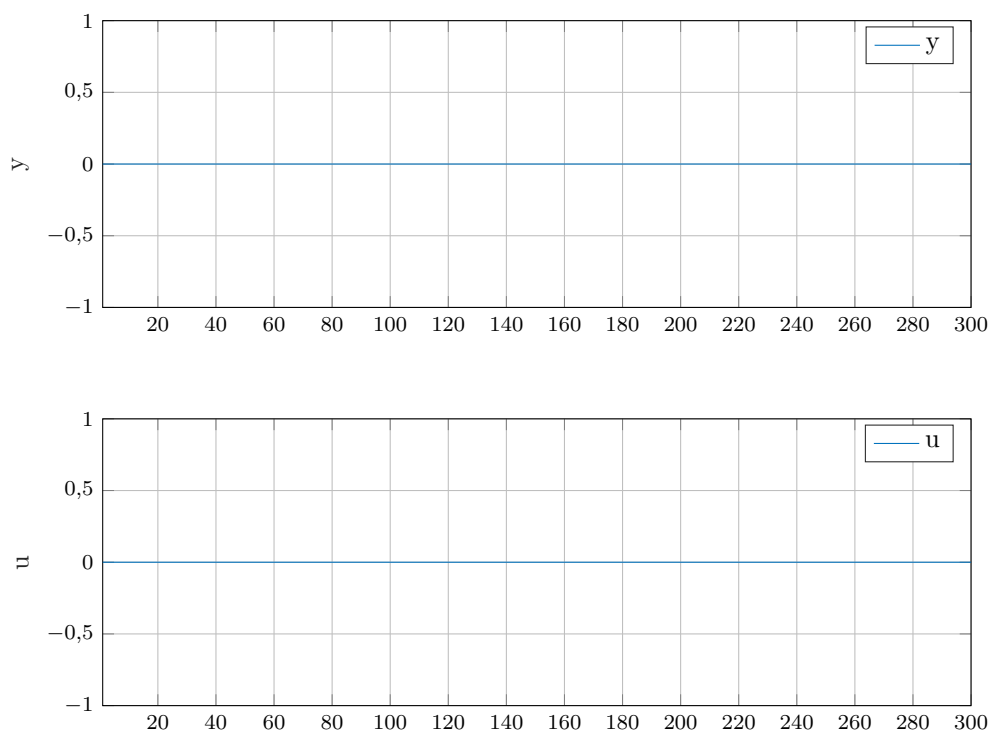
# Spis treści

<b>1. Projekt</b>	2
1.1. Poprawność podanego punktu pracy	2
1.2. Symulacyjne wyznaczenie odpowiedzi skokowych	3
1.2.1. Odpowiedzi skokowe	3
1.2.2. Charakterystyka statyczna	4
1.3. Program do symulacji algorytmów PID i DMC	5
1.3.1. Klasyczny algorytm PID	5
1.3.2. Klasyczny algorytm DMC	8
1.4. Dobór parametrów klasycznych regulatorów PID i DMC	11
1.4.1. Klasyczny algorytm PID	11
1.4.2. Klasyczny algorytm DMC	13
1.5. Implementacja rozmytych algorytmów PID i DMC	15
1.5.1. Funkcje przynależności	15
1.5.2. Rozmyty algorytm PID	18
1.5.3. Rozmyty algorytm DMC	19
1.6. Dobór parametrów lokalnych regulatorów PID i DMC	20
1.6.1. Rozmyty regulator PID	20
1.6.2. Rozmyty regulator DMC - ustalona lambda	23
1.7. Dobór parametrów lambda lokalnych regulatorów DMC	24
<b>2. Laboratorium</b>	25

# 1. Projekt

## 1.1. Poprawność podanego punktu pracy

Przeprowadzono symulację odpowiedzi procesu dla punktu pracy. Ustalono stałe sterowanie  $U_{pp} = 0$ .



Rys. 1.1. zad1

Wynik:

Uzyskany punkt pracy wyjścia  $Y_{pp} = 0$ .

Wniosek:

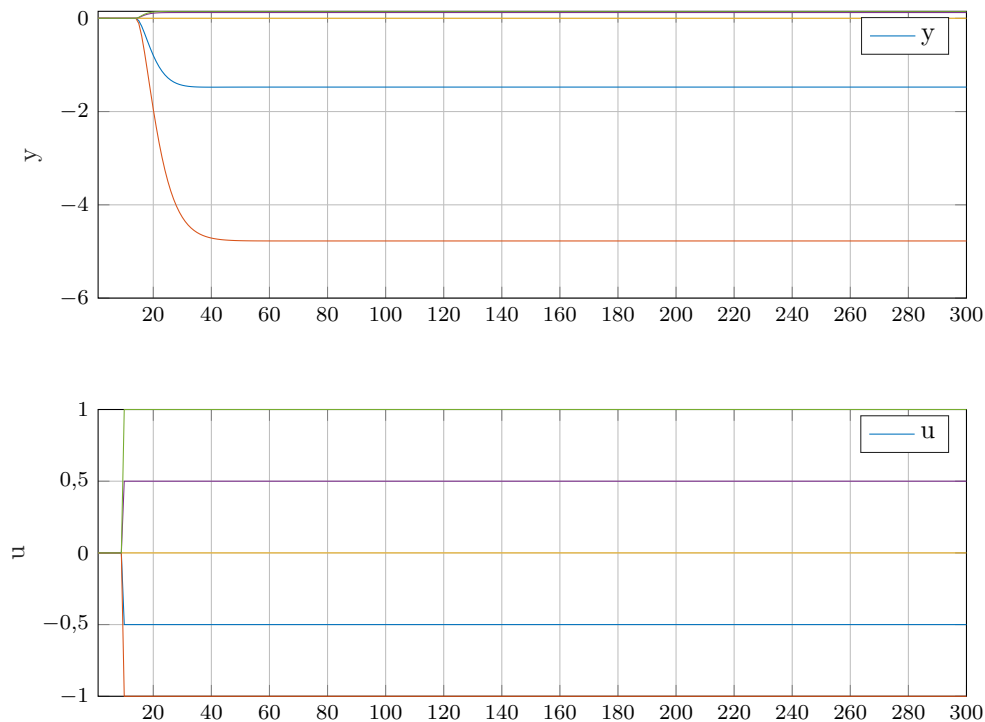
Stała wartość wyjścia oznacza poprawność danych punktu pracy.

## 1.2. Symulacyjne wyznaczenie odpowiedzi skokowych

Wyznaczyć symulacyjnie odpowiedzi skokowe procesu dla kilku zmian sygnału sterującego, przy uwzględnieniu ograniczeń wartości tego sygnału, jego wartość na początku eksperymentu wynosi 0. Narysować te odpowiedzi na jednym rysunku. Narysować charakterystykę statyczną procesu  $y(u)$ . Czy właściwości statyczne i dynamiczne procesu są liniowe?

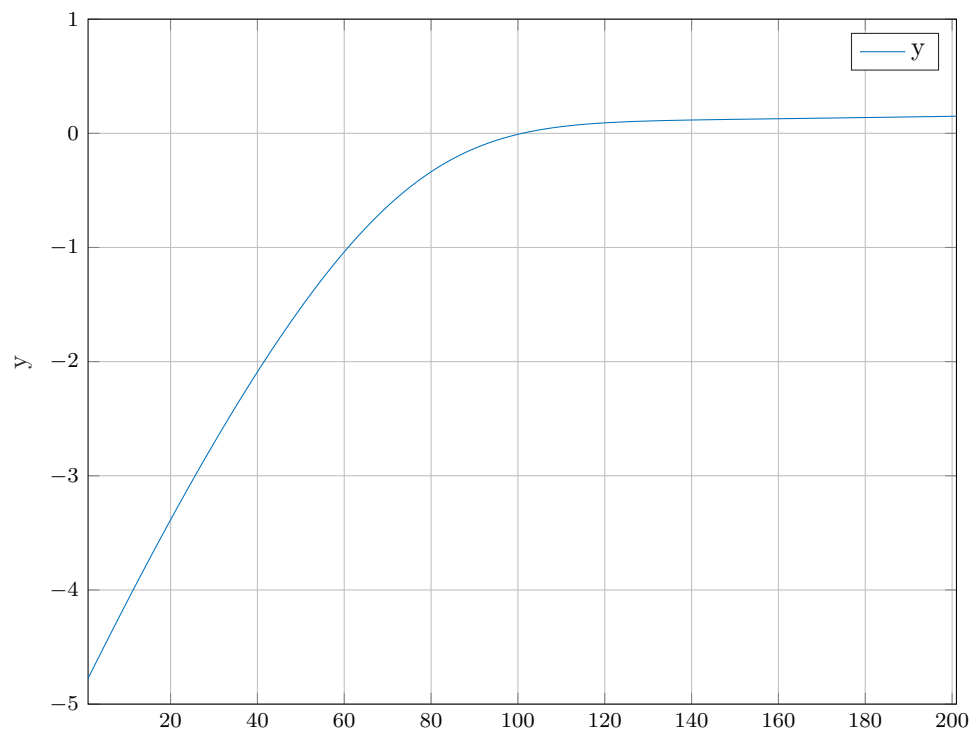
Odpowiedzi skokowe toru wejście-wyjście zostały wyznaczone symulacyjnie dla pięciu zmian sygnału sterującego.

### 1.2.1. Odpowiedzi skokowe



Rys. 1.2. Odpowiedzi skokowe obiektu

### 1.2.2. Charakterystyka statyczna



Rys. 1.3. Charakterystyka statyczna obiektu

Na podstawie wykresu charakterystyki statycznej można ustalić, że właściwości statyczne procesu są nieliniowe.

## 1.3. Program do symulacji algorytmów PID i DMC

### 1.3.1. Klasyczny algorytm PID

#### OPIS PID

#### Inicjacja parametrów

Listing 1.1. "Inicjacja parametrów"

```
addpath ('F:\SerialCommunication') ; % add a path
initSerialControl COM5 % initialise com port

% wybór trybu pracy
% setpoint, stepsU, stepsYzad
action = 'stepsYzad';
% wybór regulatora
% none, PID_linear, DMC_linear, PID_fuzzy, DMC_fuzzy
regulator = 'PID_fuzzy';

% parametry skryptu
kk = 2500;
Tp = 1; % czas z jakim probkuje regulator
T1 = 39.4; % temperatura punktu pracy
G1 = 32; % sterowanie punktu pracy
y = ones(1, kk)*T1; % wektor wyjsc obiektu
yzad = ones(1, kk)*T1; % wektor wartosc zadanych
e = zeros(1, kk); % wektor uchybów regulacji
u = ones(1, kk)*G1; % wektor wejsc (sterowan) obiektu
offset = 400;

umax = 100;
umin = 0;

% inicjalizacja parametrów regulatorów

settings = []; % tablica struktur ustawie? regulatorów

% regulacja z u?yciem regulatora PID linear
```

---

**Obliczanie coś do pid**

---

## Pętla główna regulatora

### 1.3.2. Klasyczny algorytm DMC

Algorytm DMC (Dynamic Matrix Control) algorytm regulacji predykcyjnej. Do predykcji wykorzystuje się model procesu w postaci odpowiedzi skokowych. W algorytmie DMC dynamika obiektu regulacji modelowana jest dyskretnymi odpowiedziami skokowymi, które opisują reakcję wyjścia na skok jednostkowy sygnału sterującego.

#### Inicjacja parametrów



---

## Obliczanie macierzy DMC

---

## **Pętla główna regulatora**

## 1.4. Dobór parametrów klasycznych regulatorów PID i DMC

Ocena jakości regulacji na podstawie rysunków przebiegów sygnałów polega na ocenie jakościowej, analizowane są takie kryteria jak czas regulacji czy przeregulowanie. Na podstawie tych kryteriów oceny dobierane są nastawy regulatora PID.

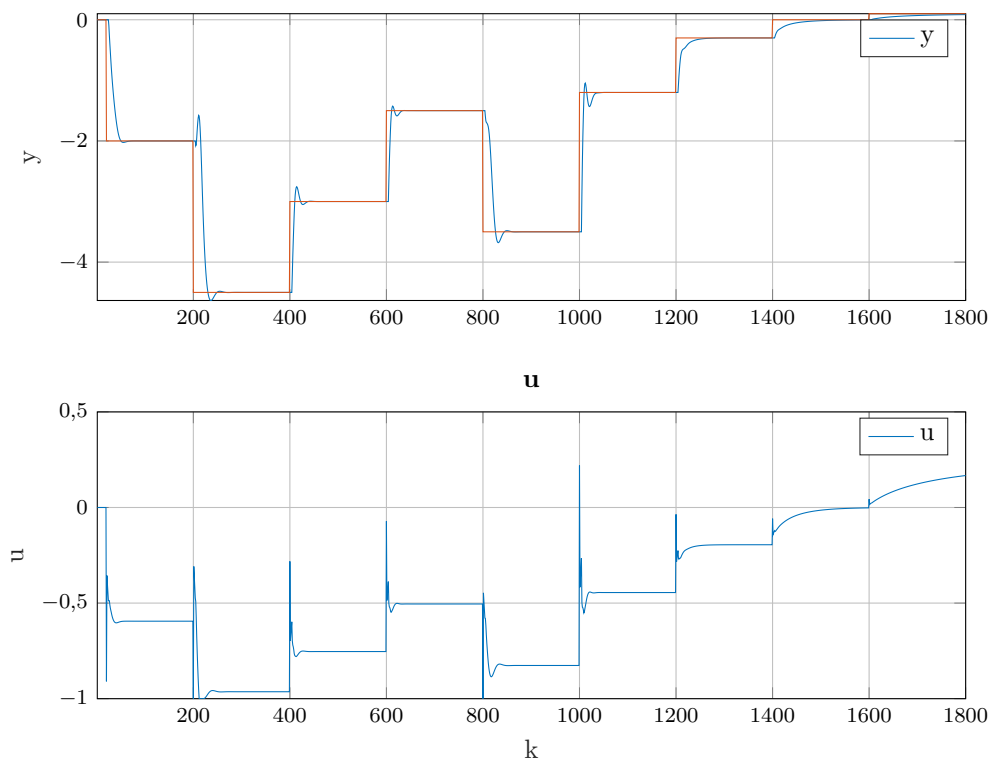
Ocena jakości regulacji ilościowa polega na wyznaczaniu wskaźnika jakości regulacji, którym jest suma kwadratów uchybów, a  $k_{konc}$  oznacza ilość kroków symulacji.

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

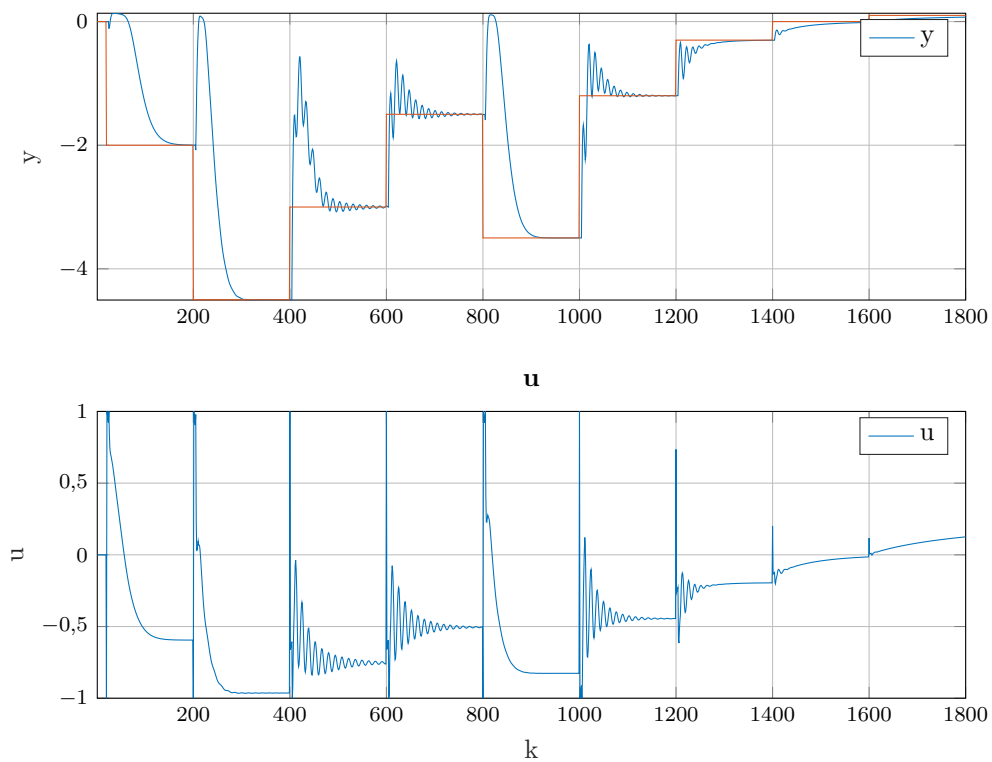
Ocena jakości regulacji jakościowa jest metodą mniej dokładną od oceny ilościowej, nie występują tam obliczenia a jedynie analiza rysunków przebiegów. Podczas analizy rysunku osoba oceniająca jakość regulacji narażona jest na mało precyzyjne wnioski, gdyż należy wtedy zwracać uwagę na skalę rysunku i wiele innych parametrów. Ocena ilościowa nie bierze pod uwagę takich czynników jak np. oscylacje, jedynym kryterium jest suma kwadratów uchybów. Jeżeli do oceny jakości regulacji wymagane są inne kryteria niż podany wskaźnik jakości należy rozpatrzyć metodę oceny jakościowej.

### 1.4.1. Klasyczny algorytm PID

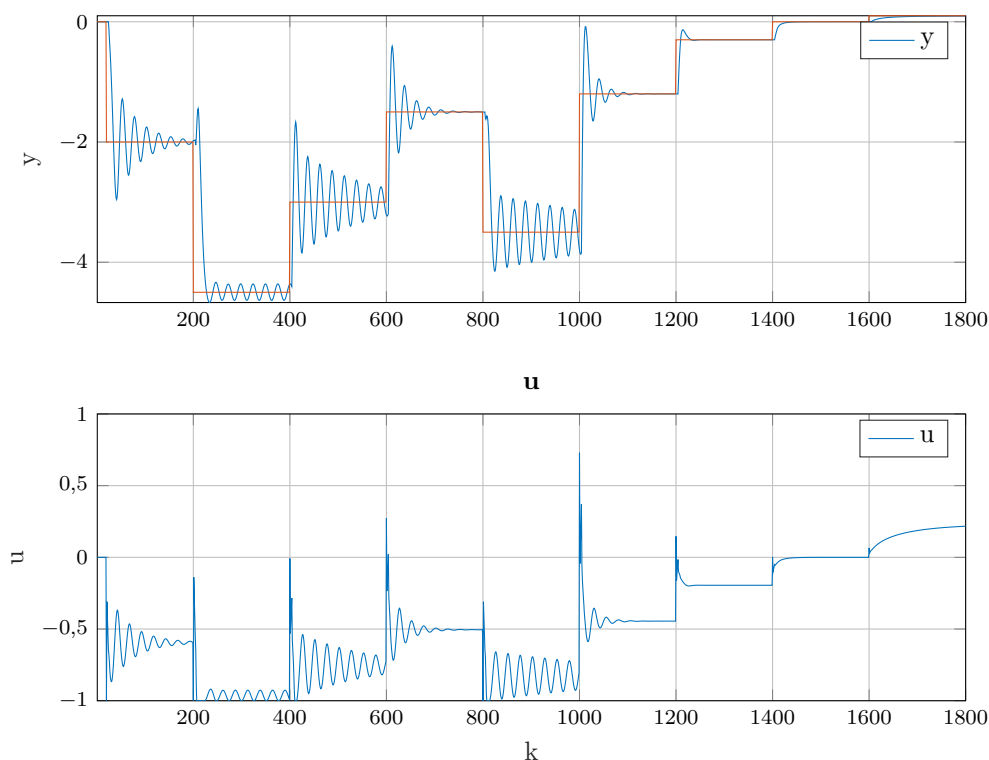
Do doboru nastaw algorytmu PID zastosowano metodę inżynierską, która polega na przeprowadzeniu doświadczeń i analizy uzyskanych wyników. Na podstawie wyciągniętych wniosków modyfikowane są nastawy regulatora. Parametry dobierane są metodą prób i błędów, aż do osiągnięcia oczekiwanych wyników. Jako pierwszy dobierany był parametr wzmocnienia członu proporcjonalnego, poprzez obserwację zachowania się uchybu regulacji w stanie ustalonym oraz przeregulowanie. Zmniejszając stopniowo wzmocnienie zmniejszano przeregulowanie, a uchyb zwiększał się. Parametr zwiększając go co likwidowało uchyb regulacji, zbyt duży czas zdwojenia zwiększał czas regulacji. Ostatnim elementem strojenia jest wyznaczenie parametru czasu wyprzedzenia, również metodą prób i błędów, tak by zminimalizować czas regulacji. Po wykonaniu tej czynności kończy się proces strojenia regulatora.



Rys. 1.4. Regulator klasyczny PID pierwszy



Rys. 1.5. Regulator klasyczny PID drugi



Rys. 1.6. Regulator klasyczny PID trzeci

### 1.4.2. Klasyczny algorytm DMC

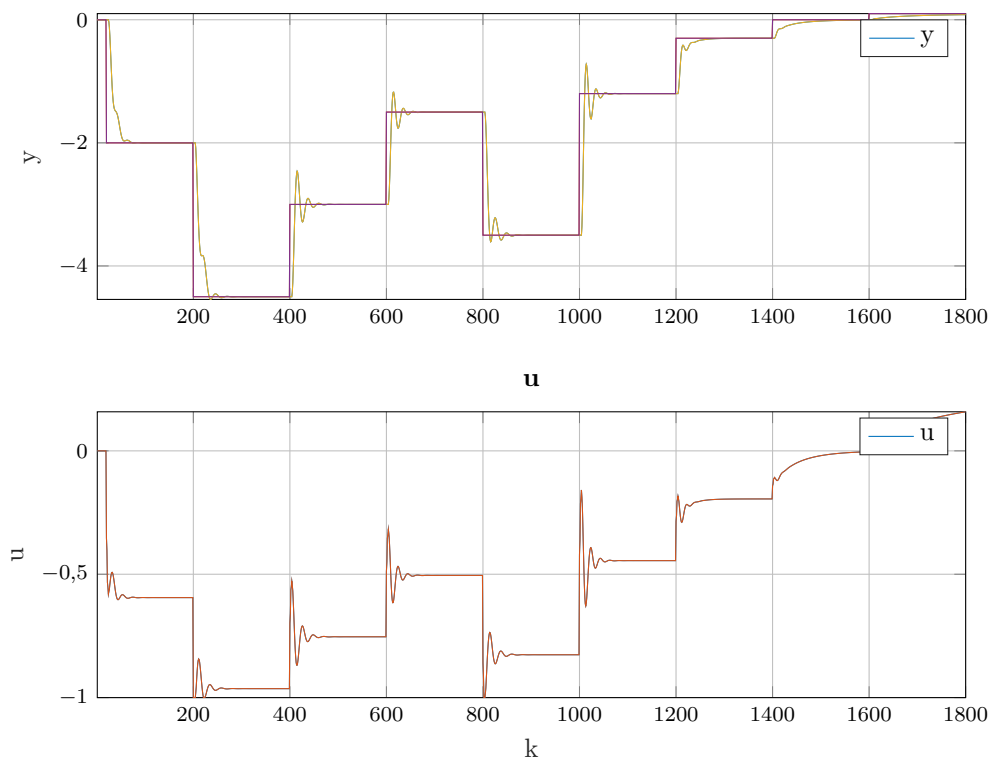
Do doboru nastaw algorytm DMC zastosowano metodę inżynierską, która polega na przeprowadzeniu doświadczeń i analizy uzyskanych wyników. Na podstawie wyciągniętych wniosków modyfikowane są nastawy regulatora. Parametry dobierane są metodą prób i błędów, aż do osiągnięcia oczekiwanych wyników.

Horyzont dynamiki  $D$  jest to liczba współczynników odpowiedzi skokowej, tzn. liczbę kroków dyskretyzacji, po której można uznać odpowiedź skokową za stabilną równą  $K_{stat}$ . Wyznaczona ona została z odpowiedzi skokowej obiektu poprzez wyznaczenie z niej chwili, w której odpowiedź jest stabilna.

Horyzont predykcji  $N$  jest to wartość na podstawie, której prognozuje się zachowanie modelu. Zwiększając ten parametr uzyskaliśmy bardzo dobry czas regulacji oraz praktycznie zerowe przesterowanie.

Horyzont sterowania  $N_u$  tak jak horyzont predykcji jest parametrem dostrajania regulatora, zależnymi od szybkości dynamiki procesu, możliwości obliczeniowych oraz dokładności modelu, eksperymentalnie dobrano wartość tego parametru.

Ostatnim krokiem w dostrajaniu naszego regulatora było wyznaczenie współczynnika kary lambda, za pomocą którego można zapewnić kompromis pomiędzy szybkością regulacji, a postacią sygnału sterującego. Ponownie był on wyznaczany metodą testowania. Zwiększenie współczynnika kary pogorszyło wynik działania regulatora, został więc on zmniejszony.

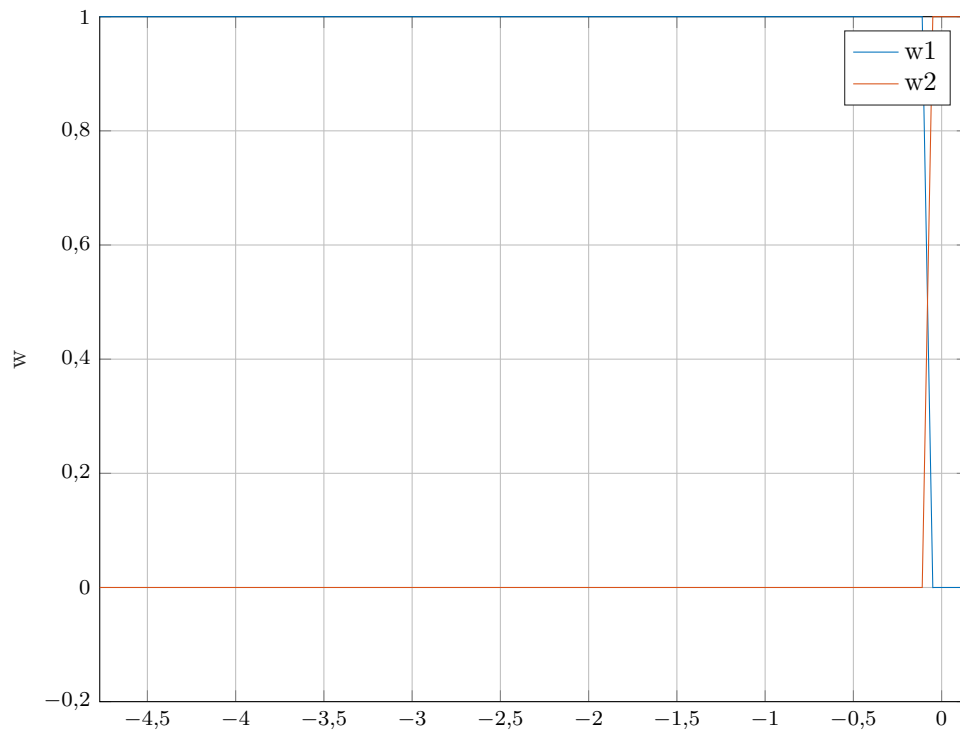


Rys. 1.7. Regulator klasyczny DMC

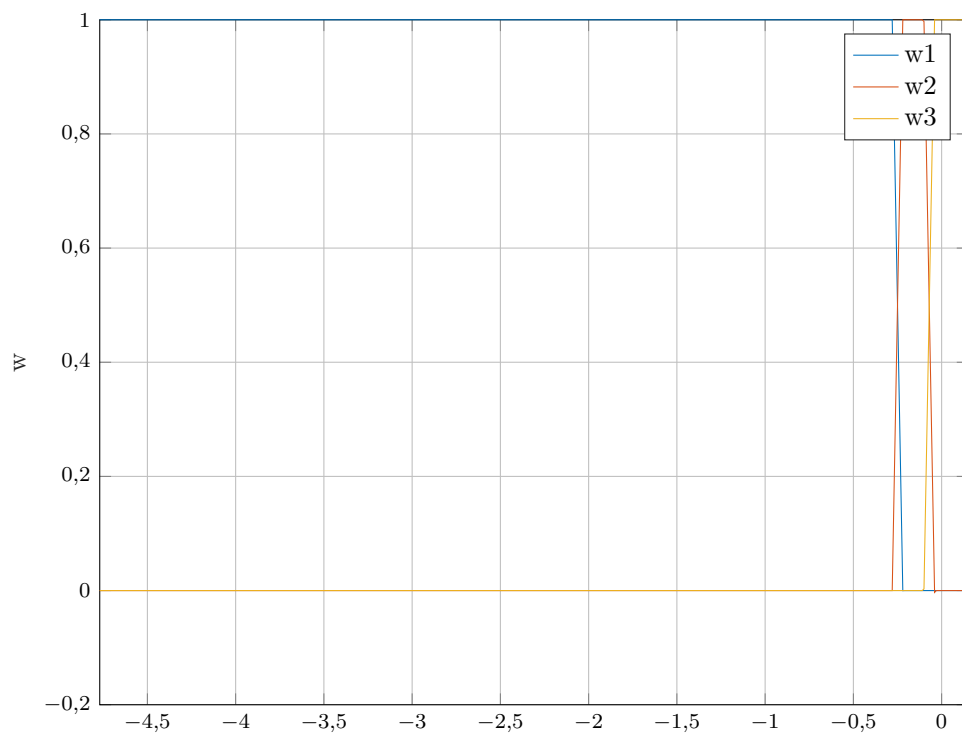
## 1.5. Implementacja rozmytych algorytmów PID i DMC

W tym samym programie zaimplementować i omówić rozmyty algorytm PID i rozmyty algorytm DMC w najprostszej wersji analitycznej. Uzasadnić wybór zmiennej, na podstawie której dokonywane jest rozmywanie. Uzasadnić wybór i kształt funkcji przynależności.

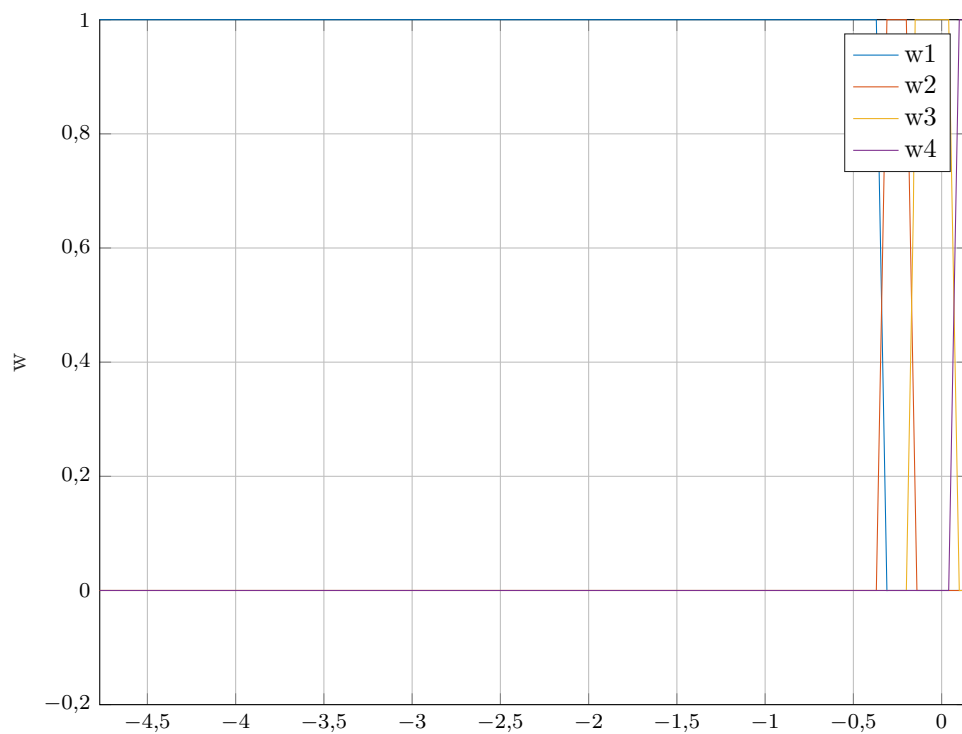
### 1.5.1. Funkcje przynależności



Rys. 1.8. Funkcje rozmycia dla 2 regulatorów lokalnych

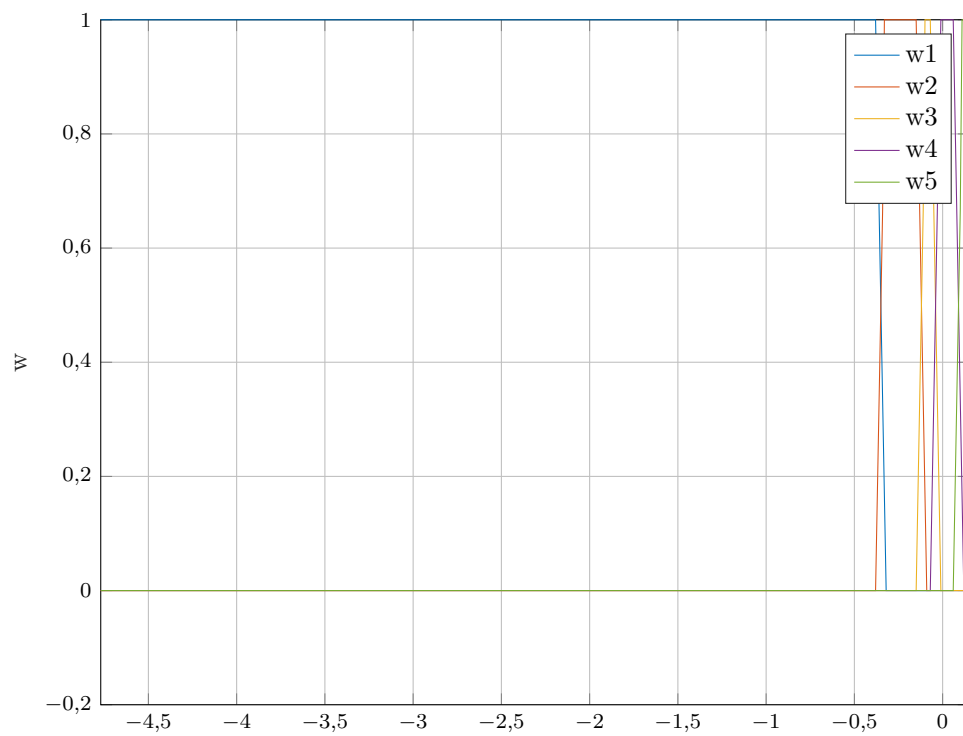


Rys. 1.9. Funkcje rozmycia dla 3 regulatorów lokalnych



Rys. 1.10. Funkcje rozmycia dla 4 regulatorów lokalnych





Rys. 1.11. Funkcje rozmycia dla 5 regulatorów lokalnych

---

### 1.5.2. Rozmyty algorytm PID

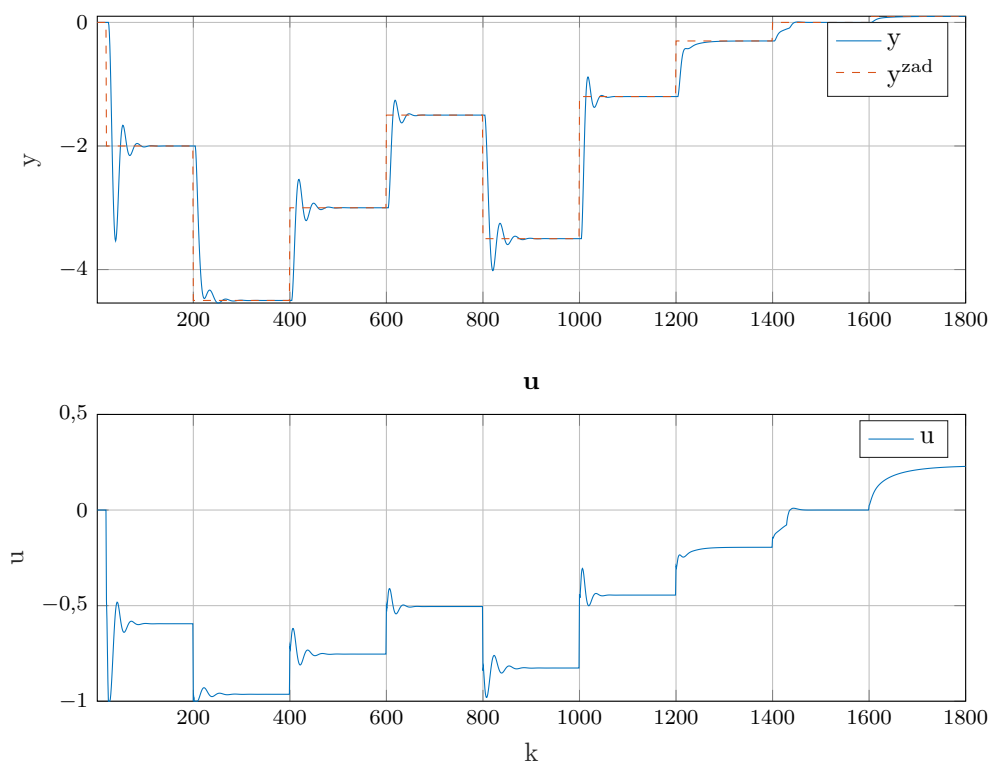
---

### 1.5.3. Rozmyty algorytm DMC

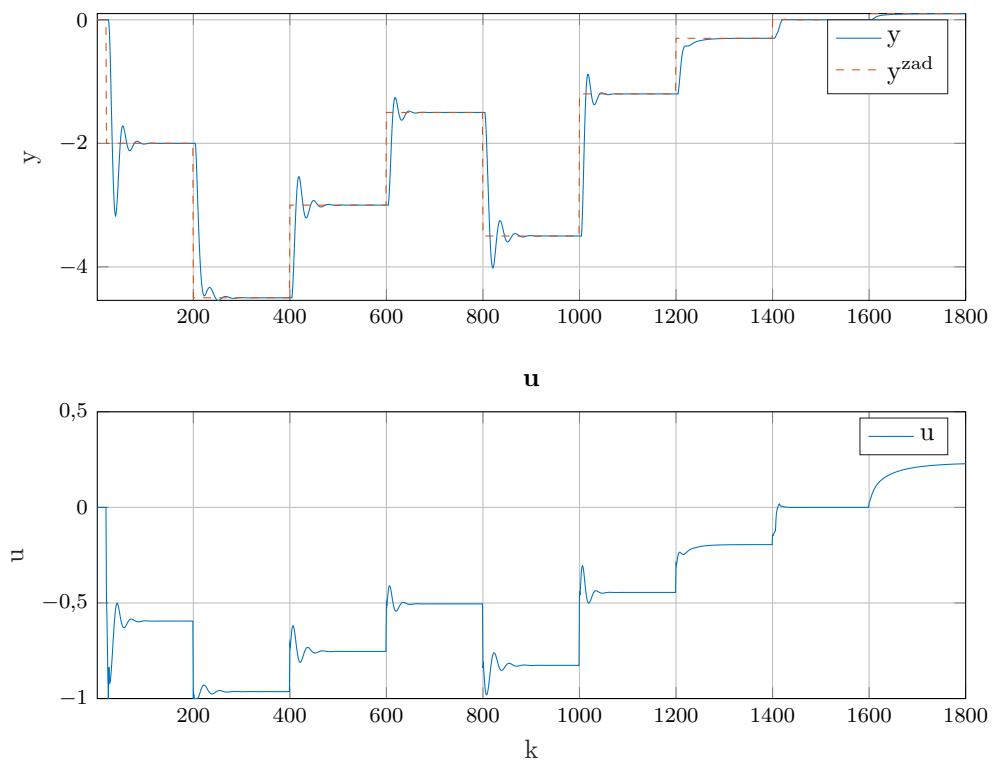
## 1.6. Dobór parametrów lokalnych regulatorów PID i DMC

Dobrac parametry każdego z lokalnych regulatorów w taki sposób, aby osiągnąć możliwie wysoką jakość regulacji w okolicach jego punktu pracy (przyjąć dla DMC  $\lambda = 1$ ). Wykonać, dla założonej trajektorii zmian sygnału wartości zadanej, eksperymenty uwzględniając różną liczbę regulatorów lokalnych (2, 3, 4, 5, . . . ). Zamieścić wyniki symulacji.

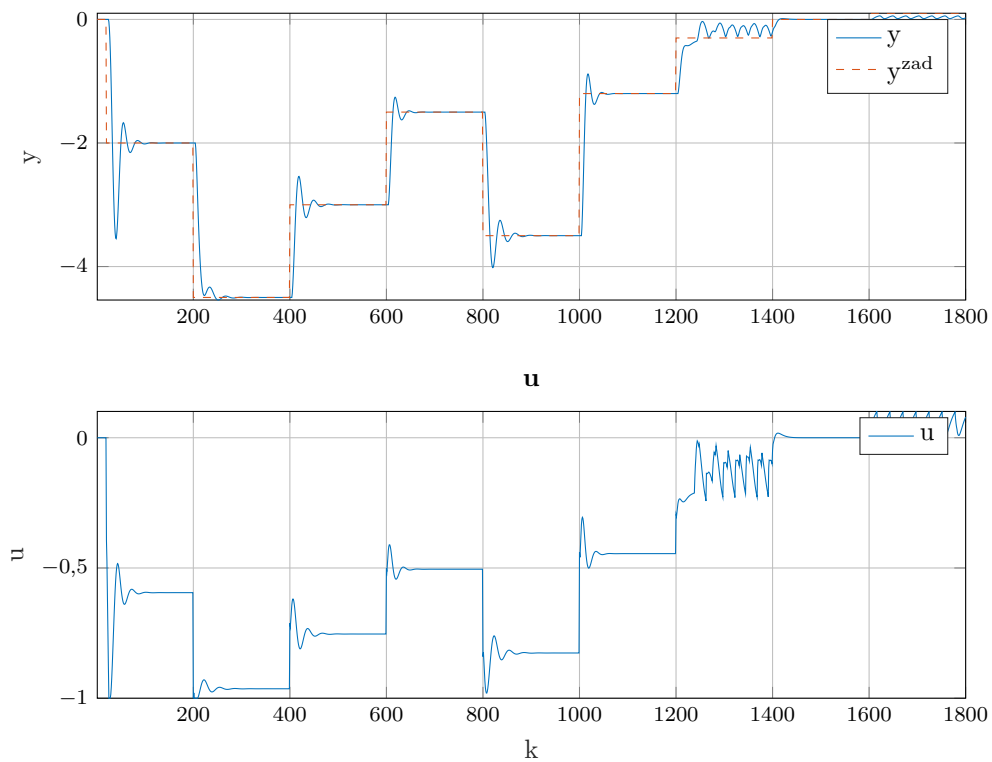
### 1.6.1. Rozmyty regulator PID



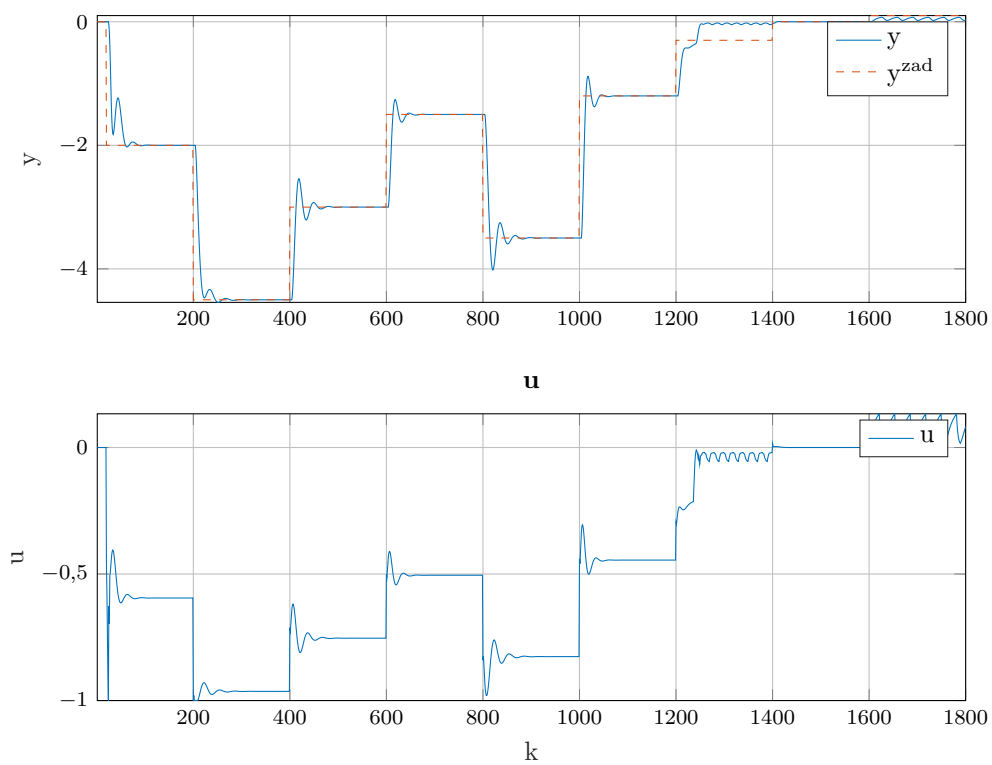
Rys. 1.12. Dwa regulatory lokalne PID



Rys. 1.13. Trzy regulatory lokalne PID



Rys. 1.14. Cztery regulatory lokalne PID



Rys. 1.15. Pięć regulatorów lokalnych PID

---

### 1.6.2. Rozmyty regulator DMC - ustalona $\lambda$

### 1.7. Dobór parametrów lambda lokalnych regulatorów DMC

Dla zaproponowanej trajektorii zmian sygnału zadanego oraz dla różnej liczby regulatorów lokalnych (2, 3, 4, 5, . . . ) spróbować dobrać parametry lambda dla każdego z lokalnych regulatorów DMC. Zamieścić wyniki symulacji.



## 2. Laboratorium