

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania
(projekt grupowy)

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

Eva Reszka, Mateusz Roszkowski, Dominika Zając

Warszawa, 2021

Spis treści

1. Projekt	2
2. Ćwiczenie laboratoryjne	3
2.1. Przygotowanie do wykonania ćwiczenia	3
2.2. Przebiegi sygnałów wyjściowych	3
2.3. Regulator PID z laboratorium 1	4
2.4. Regulator DMC z laboratorium 1	5
2.5. Rozmyty algorytm PID	6
2.6. Rozmyty algorytm DMC	6

1. Projekt

2. Ćwiczenie laboratoryjne

Podczas tego zadania laboratoryjnego wykorzystano:

- grzałkę G1 (sygnał sterujący U),
- wentylator W1 (wartość zadana Y_{zad}),
- czujnik temperatury T1 (sygnał wyjściowy Y)

2.1. Przygotowanie do wykonania ćwiczenia

Przed rozpoczęciem pomiarów sprawdzono możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem. Punkt pracy grzałki G1 dla zespołu obliczony został wg. wzoru 2.1:

$$G1 = 25 + Z \quad (2.1)$$

gdzie Z to numer zespołu, zatem dla grupy Z02 punkt pracy wynosi:

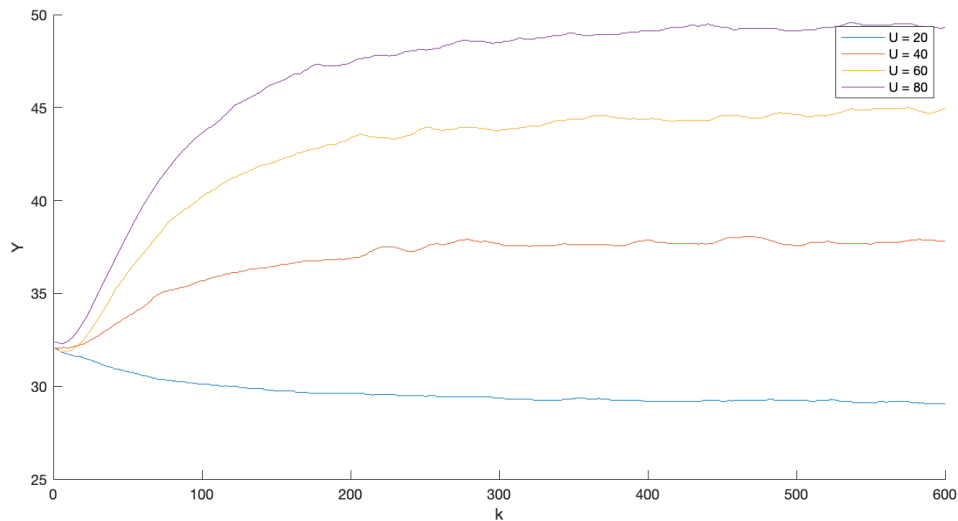
$$G1 = 25 + 2 = 27 \quad (2.2)$$

Następnie określono wartość pomiaru temperatury T1 dla obliczonego punktu pracy. W tym celu moc wentylatora W1 ustawiono na 50% za pomocą funkcji `sendControls(1, W1)`. Wartości mocy grzałki zadawane są poprzez funkcję `sendNonlinearControls(G1)`. Wartość G1 została ustawiona na 27%. Temperaturę odczytano korzystając z funkcji `readMeasurements(1)`. Temperatura T1 ustabilizowała się na wartości **31,81°C**

2.2. Przebiegi sygnałów wyjściowych

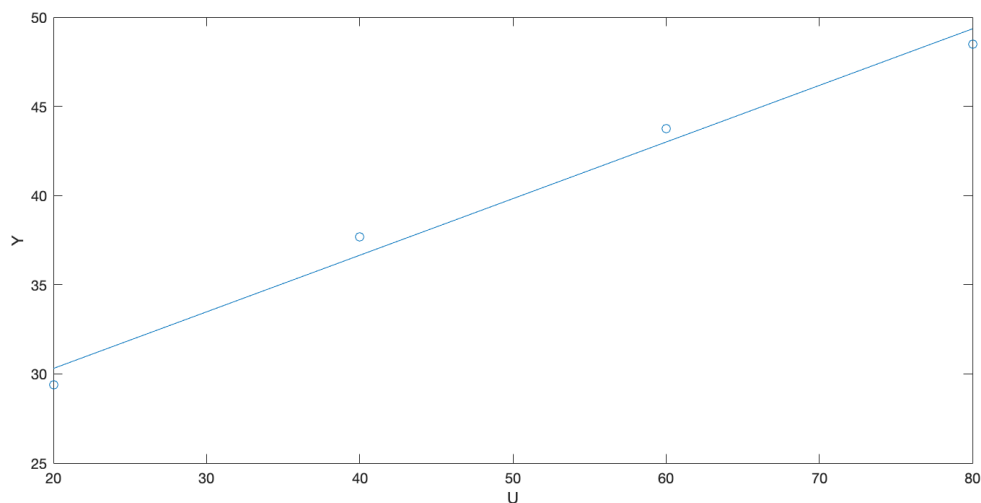
Do realizacji zadania wykorzystano podstawowy plik do komunikacji ze stanowiskiem grzejąco - chłodzącym `MinimalWorkingExample.m`.

Zarejestrowano przebieg temperatury T1 dla trzech różnych zmian wartości sterowania G1, rozpoczynając z punktu pracy 27 do kolejno 20, 40, 60 i 80. Otrzymane przebiegi zmian przedstawiono na Rys. 2.1.



Rys. 2.1. Odpowiedź układu na wartości sterowania: 20, 40, 60 i 80

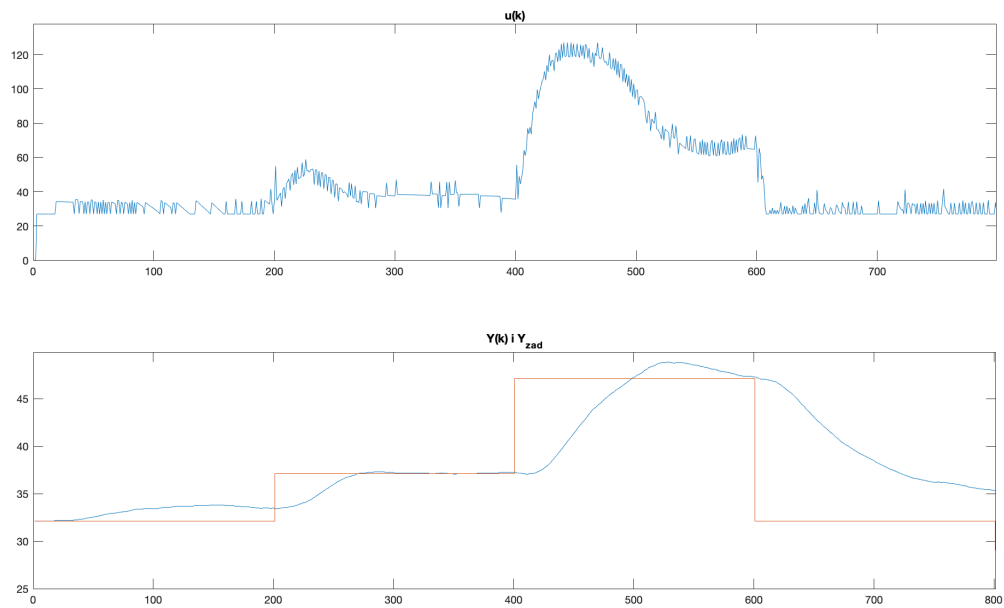
Punkty charakterystyki statycznej $Y(U)$ są położone w bliskiej odległości od dopasowanej prostej (Rys. 2.2). Oznacza to, że właściwości statyczne obiektu są w przybliżeniu linowe. Wzmocnienie statyczne obiektu to zatem $K_{stat} = 0,3188$



Rys. 2.2. Charakterystyka statyczna obiektu

2.3. Regulator PID z laboratorium 1

Następnie przetestowano regulatory z laboratorium 1, w celu porównania ich zaimplementowanymi później regulatorami rozmytymi. Testy przeprowadzone zostały dla trajektorii zmian sygnału zadanego y_{zad} : T_{pp} , $T_{pp}+5$, $T_{pp}+15$, T_{pp} . Dla wartości punktu pracy $T_{pp} = T1 = 31,81$ zmiany te wynosiły kolejno: $y_{zad} = 31,81$, $y_{zad} = 36,81$, $y_{zad} = 46,81$, $y_{zad} = 31,81$. Przebiegi przedstawione zostały na Rys. 2.3. Implementacja algorytmu dla regulatora PID znajduje się w pliku `zad3_PID.mat`.

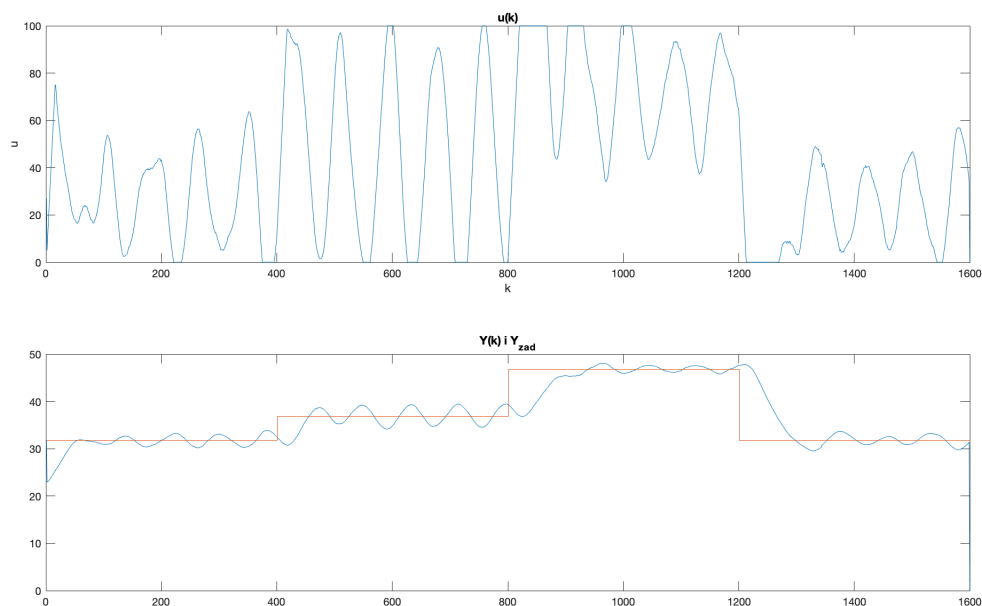


Rys. 2.3. Odpowiedź układu przy regulacji regulatorem PID z laboratorium 1

Wskaźnik jakości wyniósł $E = 24241$

2.4. Regulator DMC z laboratorium 1

Analogicznie przetestowany został regulator DMC z laboratorium 1. Testy przeprowadzono dla tej samej trajektorii zmian sygnału zadanego. Przebiegi widoczne są na Rys. 2.4. Implementacja algorytmu dla regulatora DMC znajduje się w pliku `zad3.DMC.mat`.



Rys. 2.4. Odpowiedź układu przy regulacji regulatorem DMC z laboratorium 1

Wartość wskaźnika jakości regulacji wyniosła $E = 19511$

2.5. Rozmyty algorytm PID

// TODO - opis PIDa rozmytego i jak byśmy go zaimplementowali.

Zespół nie zdążył zaimplementować jednak algorytmu realizującego regulację PID w czasie trwania laboratorium.

2.6. Rozmyty algorytm DMC

Zaimplementowany został algorytm rozmytego regulatora DMC.

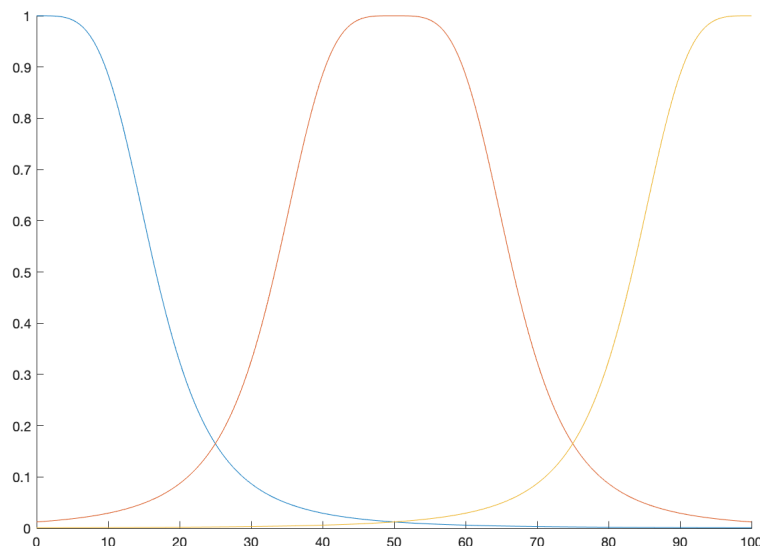
Rozpoczęto od wyznaczenia zestawów liczb s_1, s_2, s_3, \dots dla każdego z trzech regulatorów. Zestawy te wyznaczone zostały poprzez przekształcenie odpowiedzi skokowych dla wartości sterowania $u = 20$, $u = 40$ i $u = 80$ przedstawionych na Rys. 2.1. Przekształcenie to przebiegło zgodnie ze wzorem 2.3.

$$S_i = \frac{S_i^0 - Y_{pp}}{\Delta U}, i = 1, 2, 3, \dots \quad (2.3)$$

Z przebiegów nieprzekształconej odpowiedzi skokowej odczytano pierwsze i ostatnie skoki sygnału wyjściowego, które wykorzystano do obliczenia horyzontu dynamiki D . Wszelkie obliczenia wykonane zostały w programie MATLAB w pliku `zad4.s.m`.

Otrzymano zatem trzy zestawy liczb s_1, s_2, s_3, \dots , oraz trzy wartości horyzontów dynamiki D - po jednym na każdy z regulatorów: $D_1 = 252$, $D_2 = 289$, $D_3 = 276$.

Wartości te wykorzystane zostały do obliczeń w algorytmie DMC. Macierze M , M^P i K obliczone zostały oddzielnie dla każdego z regulatorów. Następnie wyliczono wagi (współczynniki przynależności?) dla każdego z regulatorów, korzystając z funkcji przynależności dzwonowej `gbellmf` w programie MATLAB. Użyte w naszym algorytmie funkcje przynależności przedstawione zostały na Rys. 2.5



Rys. 2.5. Funkcje przynależności

Wartość sygnału sterowania została wyliczona oddzielnie dla każdego z regulatorów zgodnie ze wzorem 2.4.

$$u^R(k) = K^R(Y^{zad}(k) - Y(k) - M^{P,r} \Delta u^P(k)) \quad (2.4)$$

jeżeli $u(k-1) \in U_2$,

i gdzie R to numer regulatora

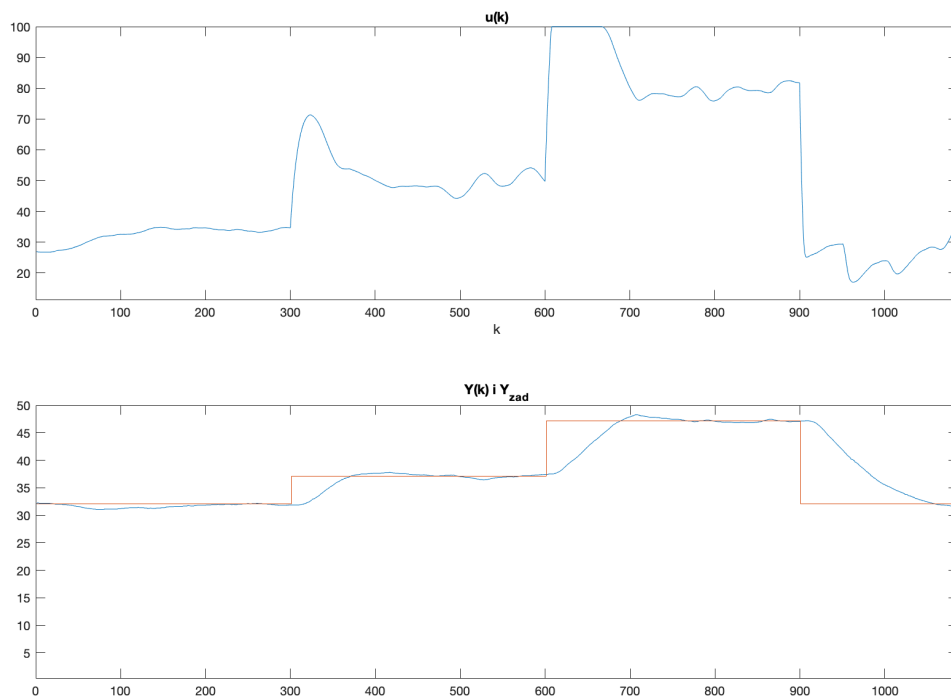
Poszczególne wartości sygnału sterowania $u^R(k)$ dla każdego z regulatorów wykorzystane zostały do obliczenia całościowej wartości $u(k)$ według wzoru 2.5.

$$u(k) = \frac{\sum w^i(k) u^i(k)}{\sum w^i(k)} \quad (2.5)$$

Implementacja algorytmu znajduje się w pliku `zad4_1.m`

Horyzont sterowania D dla regulatora DMC został dobrany poprzez wybranie największego z obliczonych wyżej horyzontów dynamiki dla każdego z regulatorów. W tym przypadku jego wartość wynosi $D = 289$. Zgodnie z treścią zadania laboratoryjnego pozostałe parametrom regulatora przypisano wartości $N_u = N = D = 289$ i $\lambda = 1$.

Regulator przetestowano dla tej samej trajektorii co regulatory z laboratorium 1: y_{zad} : T_{pp} , $T_{pp} + 5$, $T_{pp} + 15$, T_{pp} . Wyniki przedstawione zostały na Rys. 2.6



Rys. 2.6. Przebiegi dla regulatora rozmytego DMC

Wartość wskaźnika jakości regulacji wyniosła $E = 15709$. Regulator rozmyty wykazuje się zatem lepszą jakością regulacji niż regulator DMC w najprostszej wersji analitycznej z laboratorium 1.