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

Spis treści

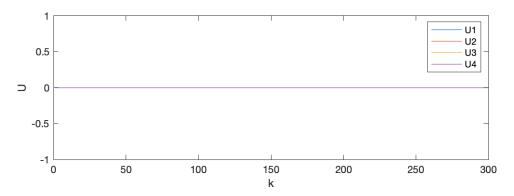
1.	Proj	${ m ekt}$
	1.1.	Sprawdzenie poprawności punktu pracy
	1.2.	Wyznaczenie odpowiedzi skokowych procesu
	1.3.	Algorytmy PID i DMC
	1.4.	Rozmyty algorytm PID
	1.5.	Rozmyty algorytm DMC
2.	Ćwie	zenie laboratoryjne
	2.1.	Przygotowanie do wykonania ćwiczenia
	2.2.	Przebiegi sygnałów wyjściowych
	2.3.	Regulator PID z laboratorium 1
	2.4.	Regulator DMC z laboratorium 1
	2.5.	Rozmyty algorytm PID
	2.6.	Rozmyty algorytm DMC

1. Projekt

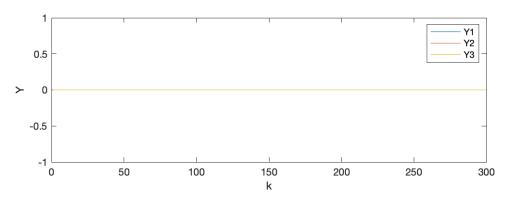
1.1. Sprawdzenie poprawności punktu pracy

Implementacja zadania znajduje się w pliku zad1_2.m.

Punkt pracy równy jest $U_{pp}=0,\,Y_{pp}=0,\,$ co zostało przedstawione na wykresach 1.1 i 1.2.



Rys. 1.1. Wejście układu w punkcie pracy



Rys. 1.2. Wyjście układu w punkcie pracy

1.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych procesu

Układ został pobudzony sygnałami o wartościach U = [-0, 8; -0, 3; 0, 2; 0, 6; 1, 0].

Otrzymane zostały w ten sposób odpowiedzi skokowe:

Na wykresie?? widoczna jest charakterystyka statyczna obiektu.

Właściwości dynamiczne oraz statyczne nie są liniowe. Do charakterystyki statycznej nie może zostać dopasowana prosta.

1.3. Algorytmy PID i DMC

Obiekt został poddany regulacji za pomocą algorytmów PID i DMC z Projektu 2.

1. Projekt 3

Jakość sterowania zależy od wartości Y_{zad} . Różni się intensywność oscylacji oraz wartość przeregulowania. Wynika to z nieliniowości charakterystyki statycznej.

Wskaźnik jakości wyniosi E = 388.88.

Wskaźnik jakości wyniosi E=515.34. Jego wartość jest większa, niż dla PID. Regulator DMC sprawdził się gorzej od pierwszego algorytmu. Wstępuje znacznie większe przeregulowanie oraz oscylacje. Dla $Y_{zad}=4.5$ sygnał wyjściowy nie osiąga tej wartości.

1.4. Rozmyty algorytm PID

1.5. Rozmyty algorytm DMC

Następnie zaimplementowano algorytm rozmytego regulatora DMC dla różnej liczby regulatorów lokalnych (2, 3, 4 lub 5). Dla każdego regulatora z inną liczbą regulatorów lokalnych dobrano parametry oddzielnie.

Zestaw liczb s_1, s_2, s_3 obliczany jest oddzielnie dla każdego z regulatorów lokalnych poprzez wykorzystanie funkcji licz_s.m.

Przyjmuje ona jako parametry wartości u1 i u2. Parametr u1 przekazywany jest następnie funkcji wynik_y, która przeprowadza symulację dla wartości sterowania u=u1 i zwraca ostatnią wartość odpowiedzi skokową y_temp .

Wartość ta została następnie wykorzystana do przeprowadzenia kolejnej symulacji, dla skoku wartości sterowania z u1 do u2. Otrzymana odpowiedź skokowa została przeskalowana, w celu wyliczenia zestawu liczb s_1, s_2, s_3 Przekształcenie to przebiegło zgodnie ze wzorem 1.1, gdzie $Y_{pp} = y_temp$. Zamiast Y_i użyto Y_{i+10} , ponieważ zmiana wartości sterowania z u1 na u2 wystąpiła w chwili k=10.

$$S_i = \frac{Y_{i+10} - Y_{pp}}{\Delta U}, i = 1, 2, 3, \dots$$
 (1.1)

1. Projekt 4

Po otrzymaniu przekształconych odpowiedzi skokowych dla każdego z regulatorów lokalnych przystąpiono do liczenia macierzy $M, M^P i K$. Wartości horyzontów dynamiki D zostały dobrane oddzielnie dla każdego z regulatorów. Dla ułatwienia przyjęto, że $N=N_u=D$. $\lambda=1$ w przypadku każdego regulatora.

Współczynniki przynależności (wagi) każdego z regulatorów obliczone zostały w funkcji rozklad. Wykorzystana została funkcja przynależności dzwonowej gbellmf.

Regulator przetestowano dla kilku skoków wartości zadanej y_{zad} . Przebiegi dla różnej ilości regulatorów lokalnych, przy wartości parametru $\lambda=1$ przedstawiono poniżej.

Dla dwóch regulatorów lokalnych wskaźnik jakości regulacji wyniósł E=227,3882.

Dla trzech regulatorów lokalnych wskaźnik jakości regulacji wyniósł E=203,6199.

Dla czterech regulatorów lokalnych wskaźnik jakości regulacji wyniósł E=844,2965

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:

$$G1 = 25 + Z \tag{2.1}$$

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

$$G1 = 25 + 2 = 27 \tag{2.2}$$

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. ??.

Punkty charakterystyki statycznej Y(U) odbiegają lekko od dopasowanej prostej (Rys. ??. Oznacza to, że właściwości statyczne obiektu są minimalnie nieliniowe.

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. ??. Implementacja algorytmu dla regulatora PID znajduje się w pliku zad3_PID.mat.

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 sa na Rys. ??. Implementacja algorytmu dla regulatora DMC znajduje się w pliku zad3_DMC.mat.

Wartość wskaźnika jakości regulacji wyniosła E=19511

2.5. Rozmyty algorytm PID

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

Jeśli dostępne byłoby więcej czasu, algorytm rozmytego regulatora PID zaimplementowany zostałby analogicznie do rozmytego regulatora PID z części projektowej. Dla każdego z trzech regulatorów lokalnych zostałyby dobrane oddzielne nastawy metodą eksperymentalną, tak by zapewnić najlepszą jakość regulacji. Do wyliczenia współczynników przynależności każdego z regulatorów użyta zostałaby funkcja przynależności dzwonowej gbellmf.

2.6. Rozmyty algorytm DMC

Zaimplementowany został algorytm rozmytego regulatora DMC.

Rozpoczęto od wyznaczenia zestawów liczb $s_1, s_2, s_3, ...$ 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. ??. Przekształcenie to przebiegło zgodnie ze wzorem 2.3.

$$S_i = \frac{S_i^0 - Y_{pp}}{\Delta U}, i = 1, 2, 3, \dots$$
 (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 $\mathtt{zad4_s.m}$.

Otrzymano zatem trzy zestawy liczb $s_1, s_2, s_3, ...$, 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. ??

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

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

$$u(k) = \frac{\sum w^i(k)u^i(k)}{\sum w^i(k)}$$
 (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. ??

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.