

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego
nr 2, zadanie nr 10

Karol Borowski, Szymon Kozłowski, Bartosz Kurpiewski

Warszawa, 2019

Spis treści

1. Wstęp	2
2. Laboratorium	3
2.1. Zadanie 1	3
2.2. Zadanie 2	3
2.3. Zadanie 3	4
2.4. Zadanie 4	5

1. Wstęp

Tematem projektu i laboratorium drugiego była implementacja, weryfikacja poprawności działania i dobór parametrów algorytmu regulacji procesu z mierzonym zakłóceniem. W ramach projektu należało zasymulować i zbadać podany obiekt. Na podstawie uzyskanych wyników trzeba było zaimplementować i dostroić regulator DMC. Następnie należało zbadać zachowanie regulatora pod wpływem zakłóceń.

W laboratorium pracowaliśmy na stanowisku grzejąco-chłodzącym. Celem pracy było wykorzystanie nabytych, podczas realizacji projektu, umiejętności do implementacji regulata na obiekcie rzeczywistym. Podczas ćwiczeń laboratoryjnych korzystaliśmy tylko z części elementów wykonawczych stanowiska: grzałki G1, wentylatora W1 i czujnika temperatury T1. Jako sygnał zakłócający Z zostanie wykorzystana także grzałka G1. Jest to sygnał o nieznanym wzmocnieniu.

2. Laboratorium

2.1. Zadanie 1

Sprawdzając komunikację ze stanowiskiem skorzystaliśmy z dwóch funkcji zapewnionych przez prowadzącego `MinimalWorkingExample.m` raz `sendControlsToG1AndDisturbance.m`. Pierwsza z nich pozwala w prosty sposób, konfigurując port, na którym odbywa się komunikacja, zadawać wartości sterowania na poszczególne elementy wykonawcze stanowiska.

```
sendControls(1, 50);
```

Zadając wartość 0 i 50 na wentylator widzimy i słyszymy czy komunikacja zachodzi.

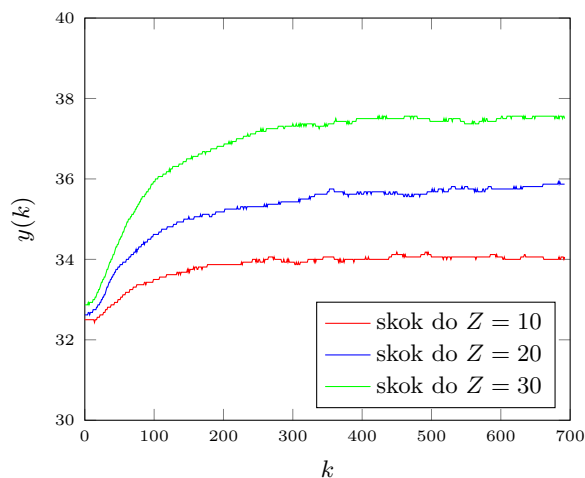
Sterowanie grzałką w tym zadaniu odbywało się z użyciem drugiej z wymienionych funkcji, aby zrealizować zadane w poleceniu zakłócenia. Funkcja `sendControlsToG1AndDisturbance.m` przyjmuje dwa argumenty: wartość sterowania grzałką `G1` i zakłócenia `Z`.

```
sendControlsToG1AndDisturbance(35, Z);
```

Kolejnym krokiem było określenie wartości temperatury w punkcie pracy: $G1 = 35$, $W1 = 50$, $Z = 0$. Dla takich nastaw temperatura wynosiła ok. 32°C .

2.2. Zadanie 2

Rozpoczynając z punktu pracy - przy zerowym zakłóceniu - wyznaczyliśmy trzy odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście, wykonując skoki sygnału zakłócającego w chwili $k = 0$ odpowiednio do wartości 10, 20 i 30. Wszystkie odpowiedzi przedstawione są na rysunku *Rys.2.1*. Wyznaczono charakterystykę statyczną (*Rys.2.2*). Właściwości statyczne obiektu możemy określić jako (w przybliżeniu) liniowe. Wzmocnienie statyczne dla tego toru wynosi w przybliżeniu 0,15 - wartość współczynnika kierunkowego funkcji liniowej będącej charakterystyką statyczną.



Rys. 2.1. Odpowiedzi skokowe toru zakłócenie-wyjście dla różnych zmian sygnału zakłócającego w chwili $k = 0$

2.3. Zadanie 3

Przygotowujemy odpowiedź skokową toru wejście-wyjście tzn. zestaw liczb s_1, s_2, \dots oraz odpowiedź skokową toru zakłócenie-wyjście tzn. zestaw liczb s_1^z, s_2^z, \dots wykorzystywane w algorytmie DMC (odpowiedź na skok jednostkowy w chwili $k = 0$). Dokonujemy poniższych operacji na wektorach pobranych odpowiedzi skokowych obiektu.

$$s_i = \frac{y_i - Y_{pp}}{\Delta U}, \text{ dla } i = 1, \dots \quad (2.1)$$

$$s_i^z = \frac{y_i - Y_{pp}}{\Delta Z}, \text{ dla } i = 1, \dots \quad (2.2)$$

Wykorzystano odpowiedź skokową przy zmianie wartości $G1$ z 35 na 37 oraz odpowiedź skokową przy zmianie wartości Z z 0 na 30. Odpowiedzi skokowe zaproksymowano używając członu inercyjnego drugiego rzędu z opóźnieniem. Zastosowano optymalizację – wyznaczenie takich wartości parametrów T_1, T_2, K, T_d , aby wartość funkcji celu (wartość błędu dopasowania) była jak najmniejsza.

$$\min E = \sum_{k=1}^{k_{\max}} (s(k) - y_{\text{apros}}(k))^2 \quad (2.3)$$

Przyjęto następujące ograniczenia parametrów:

$$0,001 \ll T_1 \ll 1000 \quad (2.4)$$

$$0,001 \ll T_2 \ll 1000 \quad (2.5)$$

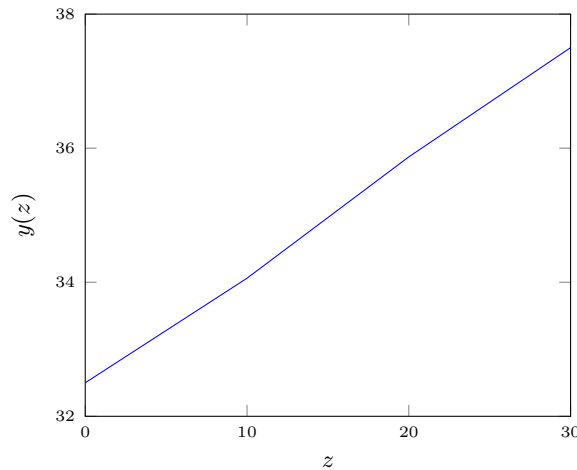
$$-10 \ll K \ll 10 \quad (2.6)$$

$$0 \ll T_d \ll 500 \quad (2.7)$$

Optymalizacji dokonano wykorzystując funkcję **fmincon**, która znajduje minimum funkcji z uwzględnieniem ograniczeń. Jedynymi ograniczeniami są te, narzucone na argumenty wywołania funkcji celu, czyli na wyżej określone parametry. Kryteria zatrzymania algorytmu pozostawiono domyślne. Podsumowując, wynik algorytmu otrzymano przez zastosowanie polecenia:

```
[optim_params, E] = fmincon(fun, x0, [], [], [], [], lb, ub);
```

gdzie:



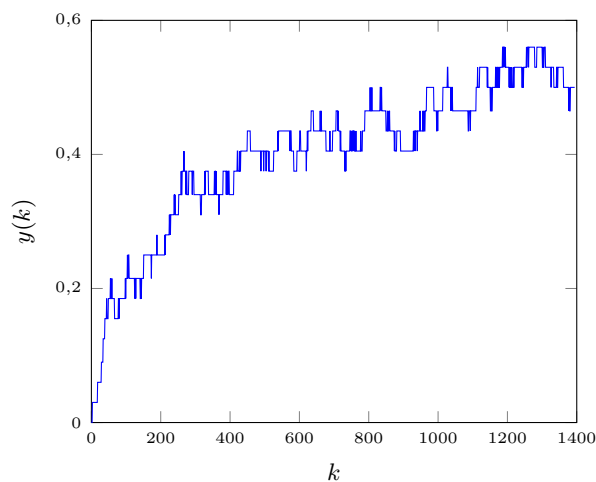
Rys. 2.2. Charakterystyka statyczna - tor zakłócenie-wyjście

`optim_params` – szukane parametry
`E` – błąd dopasowania
`fun` – funkcja zwracająca wartość błędu dopasowania
`x0` – wektor parametrów początkowych
`lb` – wektor dolnych ograniczeń
`ub` – wektor górnych ograniczeń

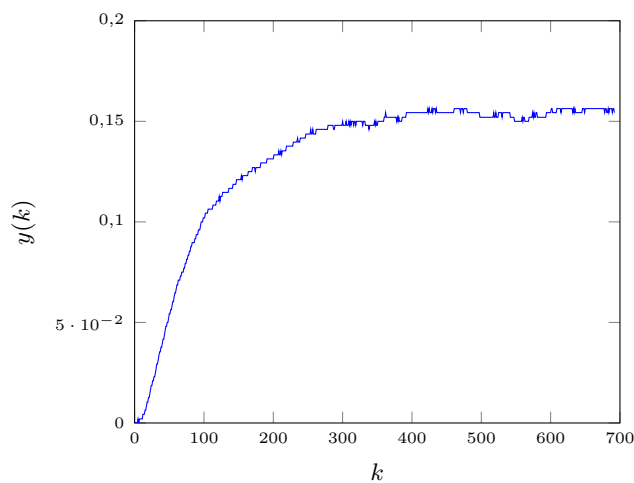
Wyznaczone parametry - tor sterowanie-wyjście: $T_1 = 251,2387$, $T_2 = 0,072\,366$, $K = 0,486\,71$, $T_d = 6$, $E = 2,0984$. Wyznaczone parametry - tor zakłócenie-wyjście: $T_1 = 89,0529$, $T_2 = 2,1074$, $K = 0,154\,35$, $T_d = 9$, $E = 0,003\,077\,8$.

2.4. Zadanie 4

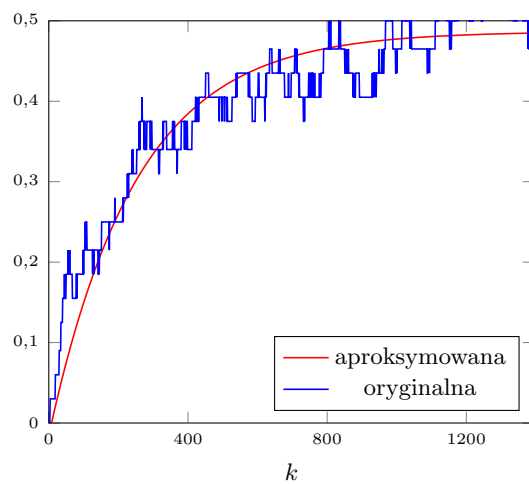
Zaimplementowany program znajduje się w pliku `DMC_lab.m`.



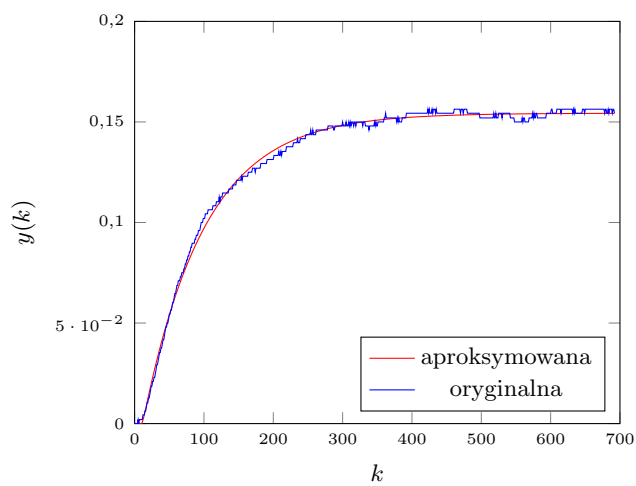
Rys. 2.3. Odpowiedź skokowa toru wejście-wyjście wykorzystywana w algorytmie DMC



Rys. 2.4. Odpowiedź skokowa toru zakłócenie-wyjście wykorzystywana w algorytmie DMC



Rys. 2.5. Porównanie oryginalnej odpowiedzi skokowej toru wejście-wyjście z aproksymowaną



Rys. 2.6. Porównanie oryginalnej odpowiedzi skokowej toru zakłócenie-wyjście z aproksymowaną