

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych  
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania  
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego nr 2

Kamil Gabryjelski, Paweł Rybak, Paweł Walczak

Warszawa, 2017

# Spis treści

1. Wstęp . . . . .	2
2. Test stanowiska . . . . .	3
3. Odpowiedź na skok zakłócenia . . . . .	4
4. Odpowiedź skokowa do DMC . . . . .	5
5. DMC . . . . .	7
6. DMC z uwzględnieniem zakłóceń . . . . .	8

# 1. Wstęp

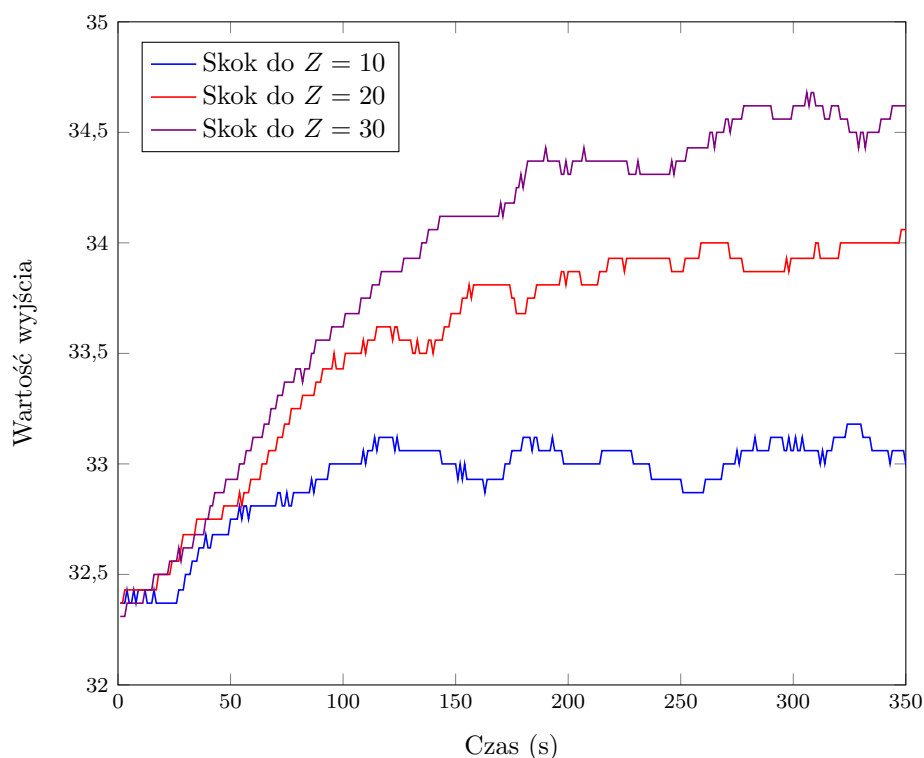
Celem laboratorium była implementacja, weryfikacja poprawności działania i dobór parametrów algorytmów regulacji jednowymiarowego procesu laboratoryjnego z pomiarem zakłócenia. Obiekt na którym pracowaliśmy, składał się z grzałki G1, wentylatora W1 oraz czujnika temperatury T1. Sygnałem sterującym jest moc grzania (w zakresie 0 - 100) grzałki G1, sygnałem wyjściowym jest pomiar wskazywany przez czujnik temperatury T1. Moc wentylatora W1 musi wynosić 50% (w celu większej responsywności stanowiska). Dodatkowo, jako sygnał zakłócający Z zostanie wykorzystana także grzałka G1.

## 2. Test stanowiska

Celem pierwszego zadania było sprawdzenie możliwości sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem oraz określenie wartości pomiaru temperatury w punkcie pracy (gdzie zakłócenie  $Z = 0$ ). Test możliwości sterowania i sprawdzenia pomiarów dał wyniki pozytywne. Po wystrojeniu grzałki na wartość  $U_{pp} = 27$  (wartość zgodna z poprzednim laboratorium) i odczekując kilkaset sekund otrzymaliśmy wartość na poziomie  $Y_{pp} = 32.20$ . Należy w tym miejscu podkreślić, że nie jest to wartość dokładna, ponieważ ze względu na różne zakłócenia (cyrkulacja powietrza, ruch osób w sali itp.) wartość temperatury na wyjściu obiektu wahała się (w zakresie od 31,5 do 33,0).

### 3. Odpowiedź na skok zakłócenia

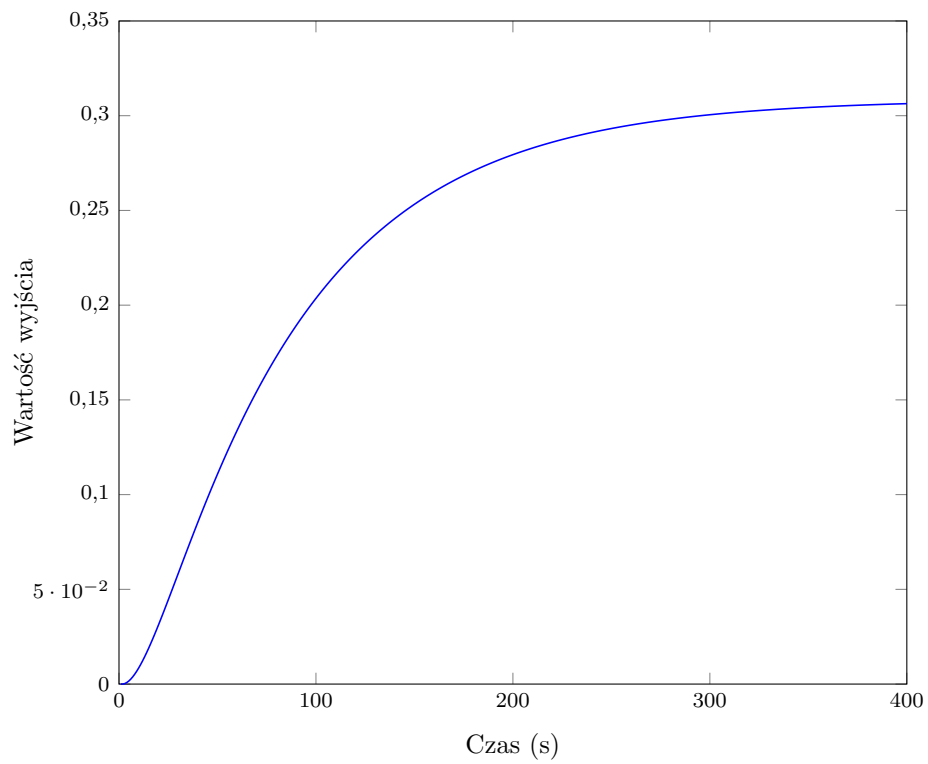
Celem zadania drugiego było wyznaczenie odpowiedzi skokowych torów zakłócenie-wyjście procesu dla trzech różnych zmian sygnału zakłócającego  $Z$  rozpoczynając z punktu pracy (w naszym przypadku  $Y_{pp} = 32.20$ ,  $U_{pp} = 27$ ,  $Z = 0$ ). Skoki zgodnie z poleceniem wykonaliśmy dla odpowiedniego przedziału wartości wybierając skoki o wartościach odpowiednio 10%, 20% oraz 30%. Dla pierwszego skoku zakłócenia (o 10%) temperatura podniosła się o około 0,75 stopnia, dla drugiego skoku (o 20%) o około 1,44 stopnia, zaś dla skoku trzeciego (o 30%) o około 2 stopnie. Zauważamy, że porównując otrzymane wartości, skoki zakłóceń dają w wyniku proporcjonalne (w przybliżeniu) do nich wzrosty temperatur. Oceniając otrzymane wyniki można z grubsza ocenić (z powodu zakłóceń nie da się dokładnie tego potwierdzić), że obiekt ma właściwości statyczne, a owe wzmocnienie wynosi  $0,75/10 \approx 0,075$ .



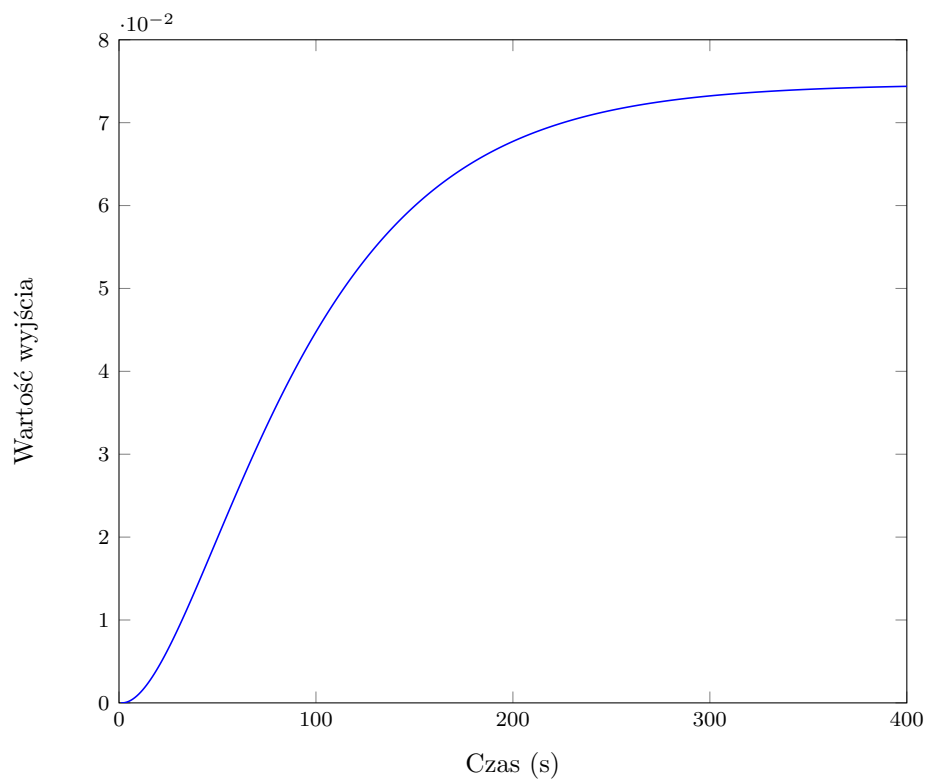
Rys. 3.1. Odpowiedź na skoki zakłócenia.

## 4. Odpowiedź skokowa do DMC

Celem zadania trzeciego było przygotowanie odpowiedzi skokowych wykorzystywanych w algorytmie DMC. Eksperyment polega na zebraniu próbek wartości wyjścia obiektu (temperatura na czujniku) po dokonaniu skoku sterowania/zakłócenia. Wykonuje się tzw. skok jednostkowy, czyli "reakcję" obiektu na skok wartości sterowania/zakłócenia o 1. Zakładamy, że dla chwili  $k = 0$  następuje skok wartości o 1, wcześniej sygnał jest zerowy. W wypadku gdy działamy na obiekcie rzeczywistym jakim jest obiekt w laboratorium, skok wykonamy nie o wartość 1, lecz dowolną wystarczająco większą w celu niwelacji wpływu tzw. szumów, które dla małego skoku mogłyby spowodować, że odpowiedź skokowa byłaby bezużyteczna. Proces normalizacji odpowiedzi skokowej opisaliśmy dalej w sprawozdaniu. W naszym przypadku konieczne było zebranie odpowiedzi na skok sygnału sterującego oraz zakłócającego. Skok wykonujemy z obranego wcześniej punktu pracy ( $Y_{pp} = 32,20$ ,  $U_{pp} = 27$ ,  $Z = 0$ ). Z powodu nieuniknionych zakłóceń w pomieszczeniu takich jak otwarte okno oraz poruszające się w sali osoby, szczególnie trudne było ustabilizowanie obiektu w punkcie pracy, po wykonaniu wcześniejszych eksperymentów. Z tego powodu otrzymane przez nas odpowiedzi były prawdopodobnie niedokładne. W naszych głowach zrodziła się z początku myśl, aby skorzystać z odpowiedzi skokowej (na skok sterowania) z poprzedniego laboratorium (pracowaliśmy również na tym stanowisku), jednakże jak się później okazało (problemy z algorytmem DMC) zdecydowaliśmy się na ponowne pozyskanie owej odpowiedzi skokowej. Wykonując skok sterowania, wartość zakłócenia ustawiliśmy na 0 i odpowiednio wykonując skok zakłócenia, wartość sterowania pozostawiliśmy na taką jak w punkcie pracy ( $U_{pp} = 27$ ). Z powodu zakłóceń i problemów ze stabilizacją obiektu uzyskane przez nas odpowiedzi skokowe nie były dla nas satysfakcjonujące, lecz z powodu braku czasu zdecydowaliśmy się na nie powtarzanie eksperymentu. Normalizacji dokonaliśmy poprzez przesunięcie wszystkich wartości wyjścia obiektu o wartość wyjścia w punkcie pracy oraz podzielenie przez wartość odpowiednio skoku sterowania lub zakłócenia. Aproksymacja ma postać członu inercyjnego drugiego rzędu z opóźnieniem. Aproksymacji dokonaliśmy przy użyciu opracowanego przez nas wcześniej skryptu. Użyliśmy do tego między innymi wbudowanej funkcji GA (*Genetic Algorithm*) w celu pozyskania aproksymacji minimalizującej funkcję błędu kwadratowego.



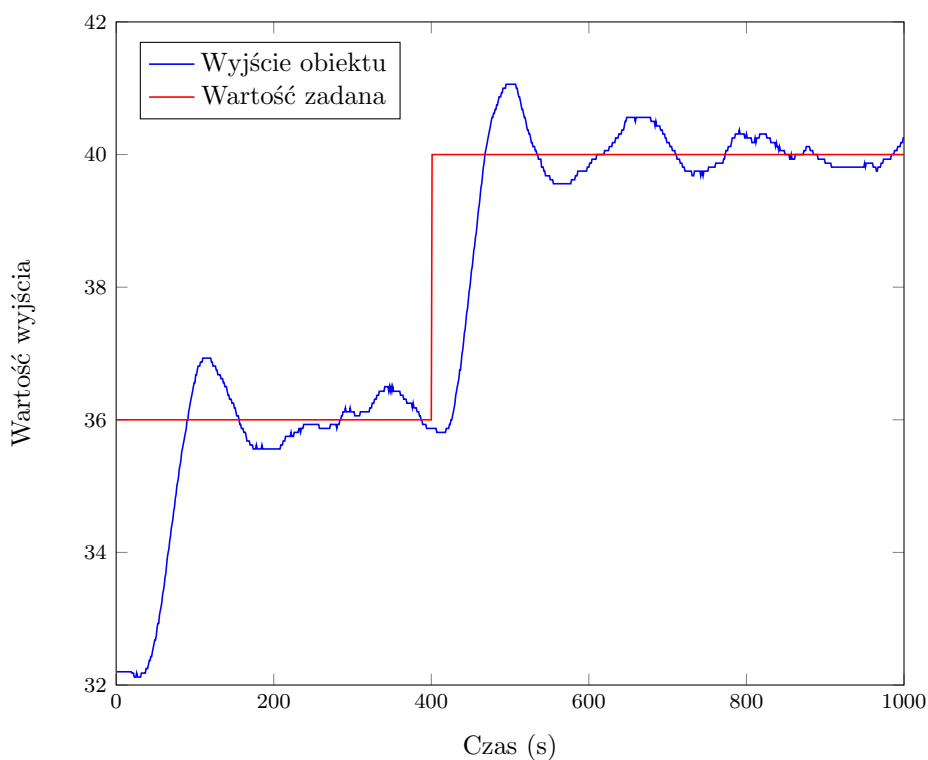
Rys. 4.1. Przybliżona odpowiedź obiektu na skok sterowania.



Rys. 4.2. Przybliżona odpowiedź obiektu na skok zakłócenia.

## 5. DMC

Celem zadania 4 była implementacja algorytmu DMC oraz doboru nastaw  $\Lambda$ ,  $N$  oraz  $N_u$ . Po testach wybraliśmy nastawy  $N = N_u = D = 200$ . Jako lambdę wybraliśmy wartość 1. Taka wartość sprawdziła się idealnie na poprzednim laboratorium. Jakość regulacji nie była na wysokim poziomie. W porównaniu do ostatniego laboratorium znacznie się pogorszyła, co uzasadniamy głównie zakłóceniami takimi jak otwarte okno oraz poruszające się w pobliżu stanowiska osoby, które prawdopodobnie pogorszyły poprawność naszej odpowiedzi skokowej. Główną wadą były oscylacje w pobliżu wartości zadanej. Prawdopodobnie wybranie większej wartości lambdy spowodowałoby mniejsze oscylacje w pobliżu wartości zadanej, jednakże równocześnie pogarszając szybkość regulacji. Niestety z powodu braku czasu nie zdołaliśmy przetestować innych wartości nastaw. Zakładamy jednak, że zmienianie nastaw nie wpłynęłoby znacząco na poprawę jakości regulacji, gdyż głównym czynnikiem zaburzającym jakość regulacji była silna wrażliwość obiektu na zakłócenia z otoczenia.

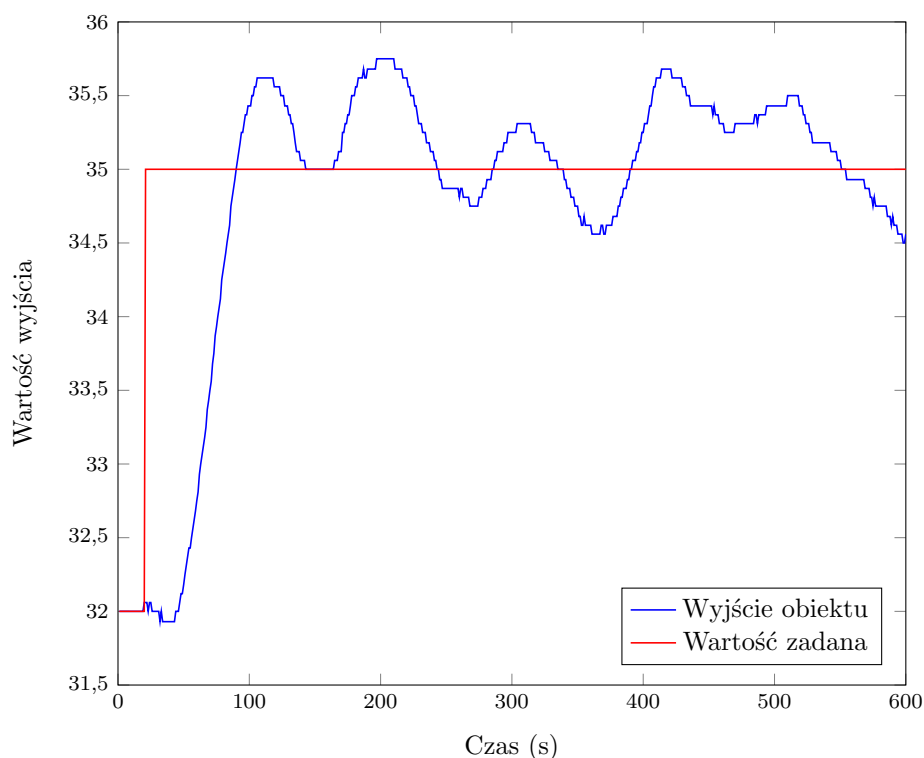


Rys. 5.1. Wyjście obiektu z regulatorem DMC dla dwóch skoków wartości zadanej.

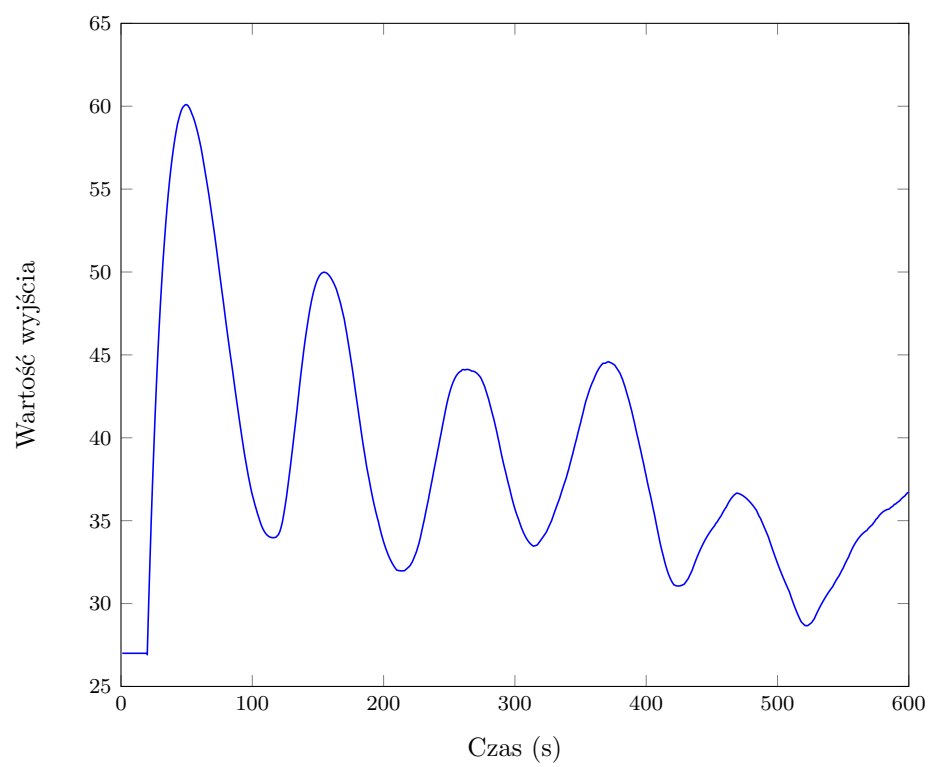


## 6. DMC z uwzględnieniem zakłóceń

Celem zadania piątego było porównanie działania regulatora DMC z uwzględnieniem zakłóceń oraz bez zakłóceń. W celu przeprowadzenia testów należało zasymulować zakłócenie mierzalne. Po osiągnięciu przez regulator wartości zadanej przeprowadzaliśmy skok wartości zakłócenia. Zgodnie z tym co opisaliśmy w poprzednich podpunktach mieliśmy bardzo duże problemy z doprowadzeniem regulatora do stanu gdzie zostanie osiągnięta i ustabilizuje się wartość zadana. Było to spowodowane wrażliwością obiektu na zakłócenia zewnętrzne, takie jak otwarte okno, poruszające się po sali osoby. Powodowało to cyrkulację powietrza, która uniemożliwiała dokładne sterowanie obiektem. Z tego powodu, ciężko również ocenić jakość regulacji regulatora DMC z uwzględnieniem zakłóceń oraz tego który zakłóceń nie uwzględnia. Zgodnie z teorią, jaką przedstawiliśmy w sprawozdaniu z projektu nr 2, lepszy powinien się okazać regulator z uwzględnieniem zakłóceń. Jakość regulacji oceniamy obserwując wykresy oraz wyliczając tzw. błąd kwadratowy (między wyjściem obiektu a wartością zadaną). Wykres 6.1 przedstawia wyjście obiektu ze skokiem zakłóceń z w chwili 400.



Rys. 6.1. Skok zakłócenia w chwili 400.



Rys. 6.2. Sterowanie.