

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów w sterowania
(projekt grupowy)

Sprawozdanie z projektu i ćwiczenia laboratoryjnego
nr 3, zadanie nr 1

Zespół Z01

Hubert Kozubek, Przemysław Michalczewski

Warszawa, 2021

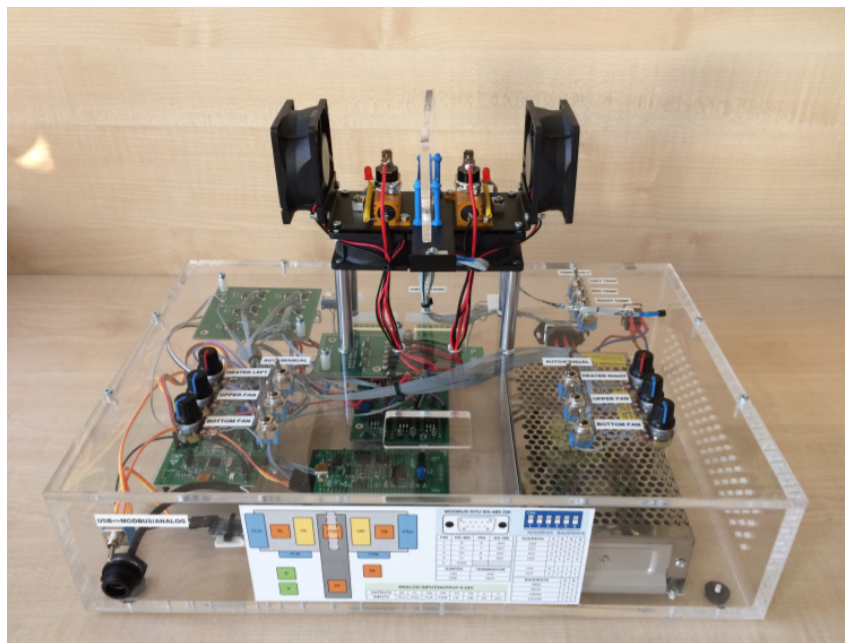
Spis treści

1. Laboratorium	2
1. Cel laboratorium	2
2. Przebieg laboratorium	2
3. Punkt pracy stanowiska	3
4. Wzmocnienie w funkcji sterowania	3
5. Regulatory dla obiektu liniowego	4
6. Rozmyty PID	5
7. Rozmyty DMC	5
8. Dobór parametrów λ	6

1. Laboratorium

1. Cel laboratorium

Celem niniejszego laboratorium była implementacja, weryfikacja poprawności działania i dobór parametrów algorytmów regulacji jednowymiarowego nieliniowego procesu laboratoryjnego dla stanowiska grzejąco-chłodzącego przedstawionego na rys. 1.1.



Rys. 1.1. Stanowisko grzejąco-chłodzące używane w trakcie laboratoriów.

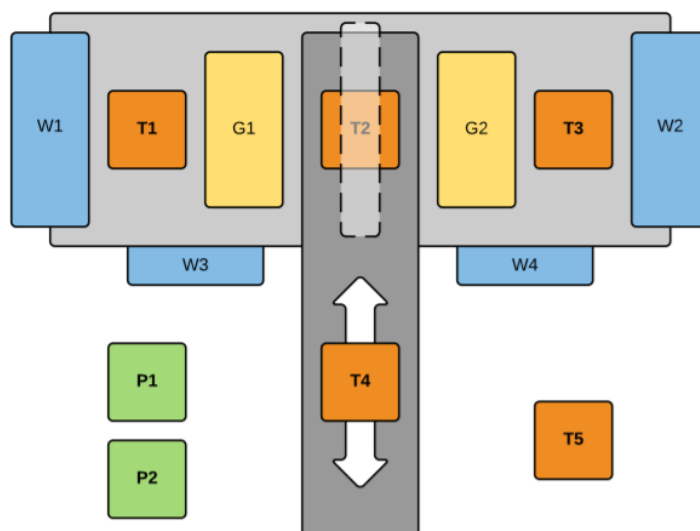
2. Przebieg laboratorium

Rozpoczynając pracę na stanowisku grzejąco-chłodzącym sprawdzono możliwość sterowania i pomiaru w komunikacji ze stanowiskiem. W szczególności sygnały sterujące wykorzystywane podczas niniejszego laboratorium W1, G1, Z oraz pomiaru T1 (elementy wykonawcze przedstawiono na rys. 1.2). Przez cały czas trwania laboratorium moc wentylatora W1 była ustawiona na 50%, a wentylator był traktowany jako cecha otoczenia. Dodatkowo sprawiał on, że temperatura grzałki opadała szybciej, co było szczególnie przydatne pomiędzy doświadczeniami.

W ramach laboratorium należało wykonać 6 zadań:

1. Odczytać wartość pomiaru temperatury dla termometru T1 dla mocy 26% grzałki G1 w stanie ustalonym (wyznaczyć punkt pracy).
2. Przeprowadzić eksperyment mający na celu określenie wzmocnienie w funkcji sterowania: dla kolejnych wartości sterowania: 20, 30, ..., 80 pozyskać wartość ustabilizowanego sygnału wyjściowego i na ich podstawie narysować punkty tworzące charakterystykę statyczną
3. Dla trajektorii zmian sygnałów zadanych: T_{pp} , $T_{pp} + 5$, $T_{pp} + 15$, T_{pp} przetestować regulatory z laboratorium 1

4. Zaimplementować rozmyty algorytm PID i dla tej samej trajektorii zmian sygnału wartości zadanej spróbować dobrać parametry lokalnych algorytmów PID w taki sposób, aby osiągnąć lepszą jakość regulacji w porównaniu z regulatorem pojedynczym
5. Zaimplementować rozmyty algorytm DMC w najprostszej wersji analitycznej, o parametrach $N_u = N = D$ i $\lambda = 1$ i dla powyższej trajektorii zmian sygnału wartości zadanej wykonać eksperymenty dla 3 regulatorów lokalnych.
6. Dobrać parametry określające karę za przyrosty sterowania lokalnych algorytmów DMC metodą eksperymentalną.



Rys. 1.2. Schemat stanowiska grzejąco-chłodzącego; zaznaczone elementy wykonawcze: wentylatory W1, W2, W3, W4, grzałki G1, G2, czujniki temperatury T1, T2, T3, T4, T5 (temperatura otoczenia), pomiar prądu P1, pomiar napięcia P2.

3. Punkt pracy stanowiska

W celu wyznaczenia punktu pracy stanowiska dla mocy grzałki $G1=26\%$ zadano tę wartość dla sygnału sterującego grzałką za pomocą polecenia `sendNonlinearControls(u)`. Następnie poczekano, aż temperatura $T1$ ustali się. Wynik eksperymentu przedstawiono na rys. 1.3. Odczytana wartość temperatury dla termometru $T1$ wyniosła $31,06\text{ }^{\circ}\text{C}$.

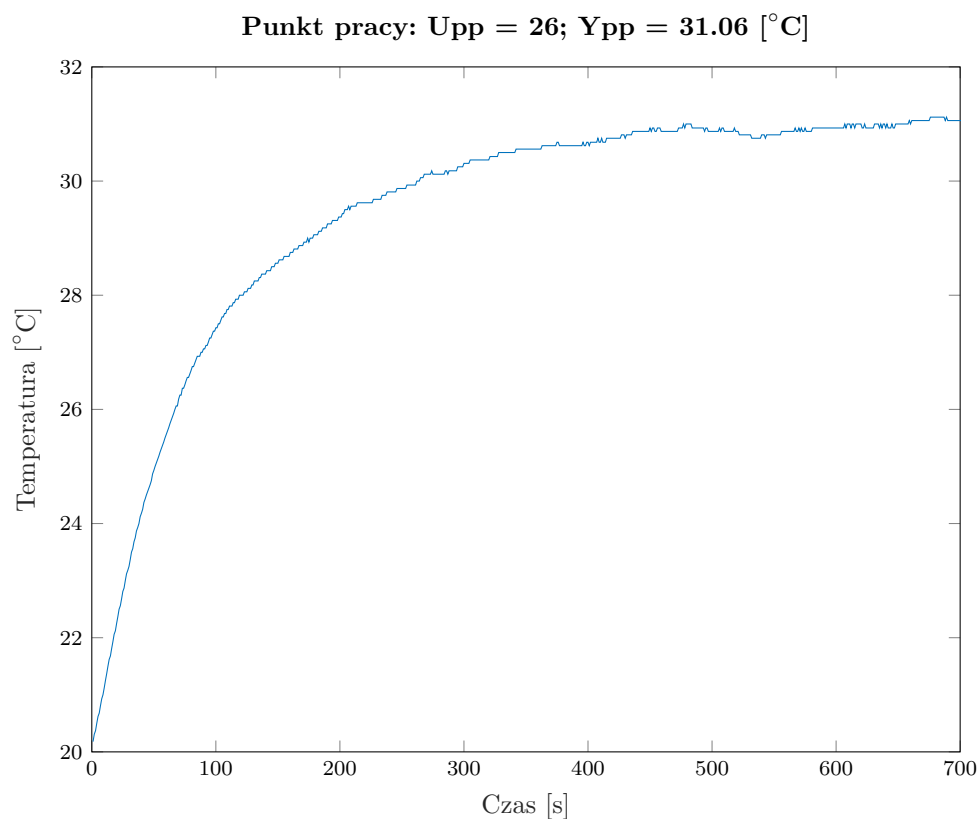
4. Wzmocnienie w funkcji sterowania

W celu wyznaczenia wzmocnienia w funkcji sterowania na stanowisku zadawano kolejne wartości sterowania, a następnie czekali aż wyjście się ustabilizuje. W ten sposób przeprowadzono 6 eksperymentów zadając kolejno wartości sterowania: 20, 30, 40, 50, 60, 80. Wyniki eksperymentów przedstawiono na rys. 1.4

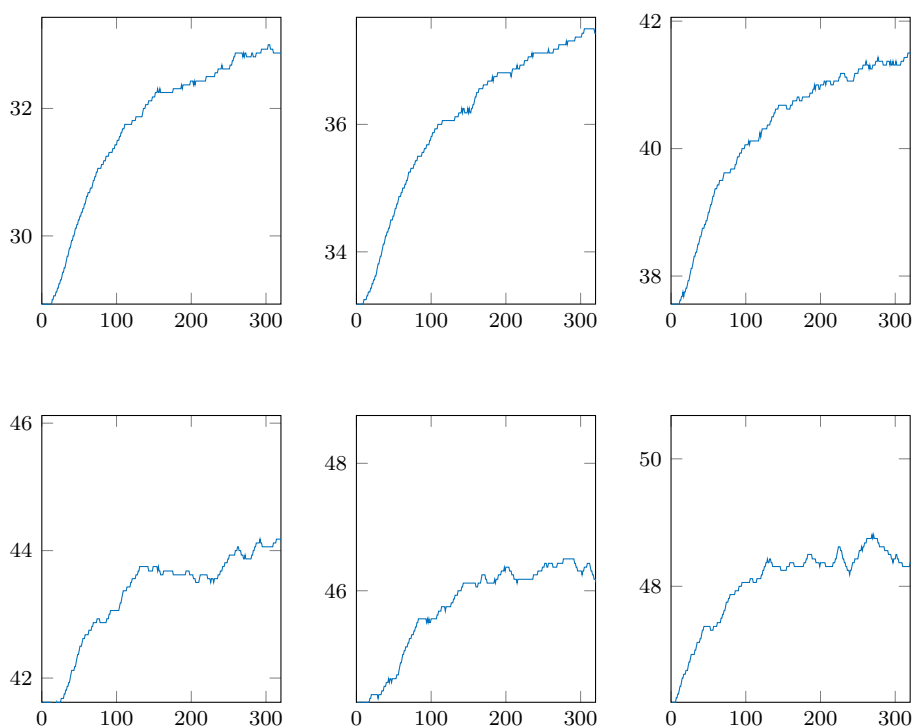
Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów sporządzono wykres punktowy pokazujący charakterystykę statyczną procesu. Wykres ten jest przedstawiony na rys. 1.5

TODO: Regresja liniowa + Kstat

Jak widać z wykresu charakterystykę można przybliżyć do charakterystyki liniowej. Niemniej jednak widoczna jest nieliniowość, w szczególności porównując wartości dla u z przedziału (20,50) i z przedziału (50,80). Dla przybliżonej liniowo charakterystyki $K_{\text{stat}} =$



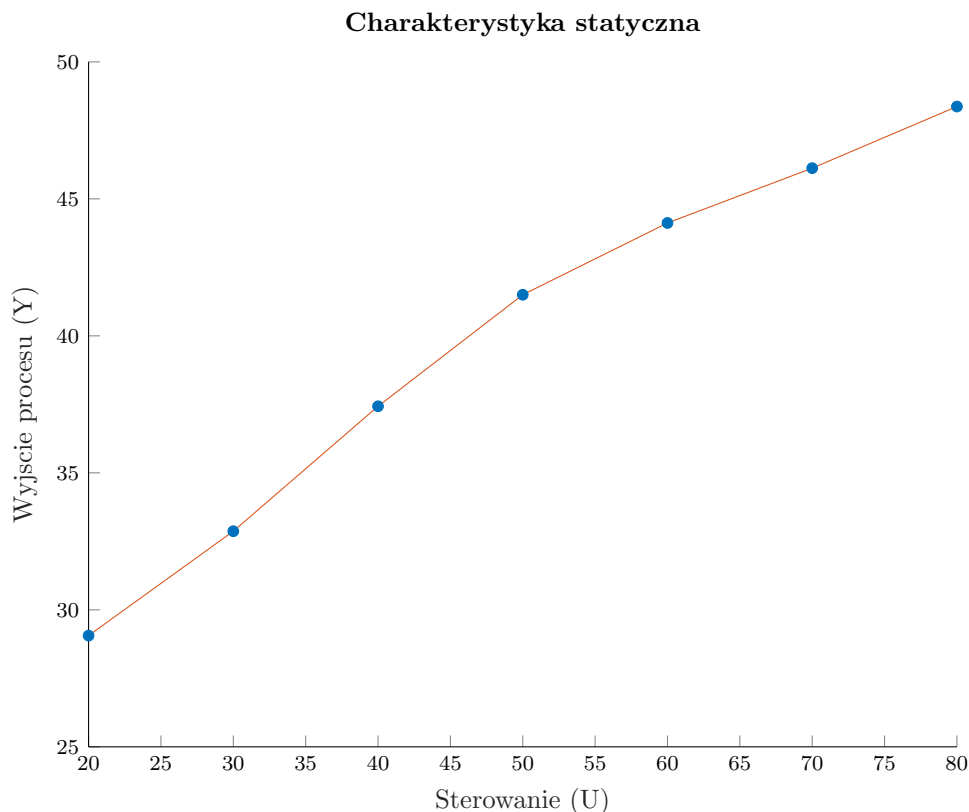
Rys. 1.3. Ustalenie się temperatury dla punktu pracy.



Rys. 1.4. Odpowiedzi stanowiska dla kolejnych wartości sterowania

5. Regulatory dla obiektu liniowego

Wykorzystując regulatory zaimplementowane na laboratorium 1 został przeprowadzony eksperyment, którego celem było sprawdzić jak regulatory przeznaczone do regulacji obiektów li-



Rys. 1.5. Charakterystyka statyczna procesu

niowych poradzą sobie z obiektem nieliniowym. W tym celu jako trajektorię wartości zadanej przyjęto 3 skoki: z 31,06 do 36,06, z 36,06 do 46,06 i z 46,06 do 31,06. Następnie dla danej trajektorii uruchomiono regulator PID, a następnie powtórzono eksperyment dla regulatora DMC. Wyniki eksperymentu przedstawiono odpowiednio na rys. TODO: PID liniowy i rys. TODO: DMC Liniowy.

6. Rozmyty PID

W celu lepszej regulacji obiektu nieliniowego został zaimplementowany regulator rozmyty PID. W tym celu utworzono funkcje dzwonową, która decydowała który regulator i w jakim stopniu ma wpływ na wyjście. Odpalanie się regulatorów PID zależało od aktualnej wartości wyjścia obiektu. Regulator został podzielony na 3 regulatory lokalne, każdy z nich został dostrojony metodą eksperymentalną, gdzie wartości startowe wzięto z regulatora PID z 1 laboratorium. Dzięki charakterystyce statycznej można było np. stwierdzić że regulator dla wyższych wartości wyjścia powinien mieć większy parametr proporcjonalny, niż regulator lokalny dla mniejszych wartości wyjścia, z racji że wzmocnienia statyczne rośnie wolniej dla wyższych wartości wyjścia, niż dla niższych. Działanie regulatora rozmytego przedstawiono na rys. TODO: fuzzy PID.

7. Rozmyty DMC

Również dla regulatora DMC skorzystano z 3 regulatorów lokalnych, także sterowanych wartościami wyjścia obiektu. Dla regulatorów lokalnych wybrano odpowiednio odpowiedź skokową dla sterowań z 20 do 30, z 40 do 50 i z 60 do 70. Dla tak przygotowanych regulatorów wybrano

najprostsze parametry $D = N = N_u = 320$ i $\lambda = 1$. Następnie rozmyty regulator DMC został przetestowany dla tej samej trajektorii co w sekcji 5.

8. Dobór parametrów λ

TODO: