



Politechnika Wrocławska

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów

Sterowanie Procesami Ciągłymi

Sprawozdanie nr 3

Układ Automatycznej Regulacji

Prowadzący:
dr hab. inż. Grzegorz Mzyk

Wykonała:
Zuzanna Mejer, 259382

Termin zajęć:
czwartek TP, 9:15

Wrocław, 30 listopada 2022r.

Spis treści

1	Cel ćwiczenia	2
2	Badanie układu automatycznej regulacji w czasie ciągłym	2
2.1	Układ automatycznej regulacji z regulatorem typu P	2
2.2	Układ automatycznej regulacji z regulatorem typu PI	3
2.3	Wskaźnik jakości regulacji	4
3	Badanie układu automatycznej regulacji w czasie dyskretnym	6
3.1	Odpowiedź UAR w zależności od czasu próbkowania	6
3.2	Wskaźnik jakości regulacji	7
4	Podsumowanie i wnioski	7

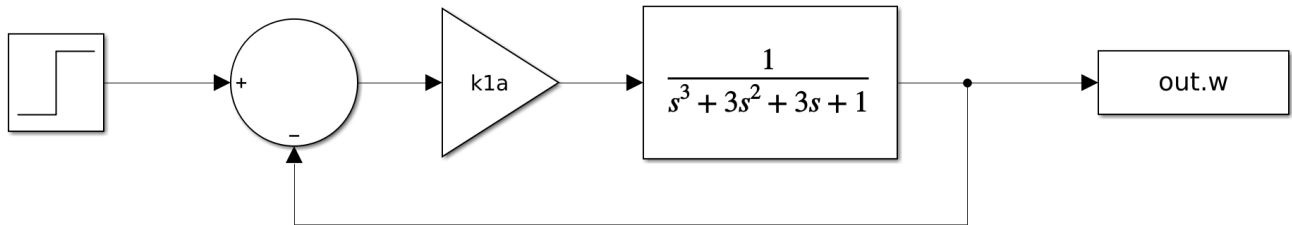
1 Cel ćwiczenia

Ćwiczenie było poświęcone badaniom układu automatycznej regulacji w czasie ciągłym oraz dyskretnym. Badano układy z regulatorami typu P oraz PI. Skupiono się na zależnościach między parametrami regulatorów (k_1, k_2) a uchybem. W przypadku badań w czasie dyskretnym, analizowano wpływ czasu próbkowania T_d na uchyb.

2 Badanie układu automatycznej regulacji w czasie ciągłym

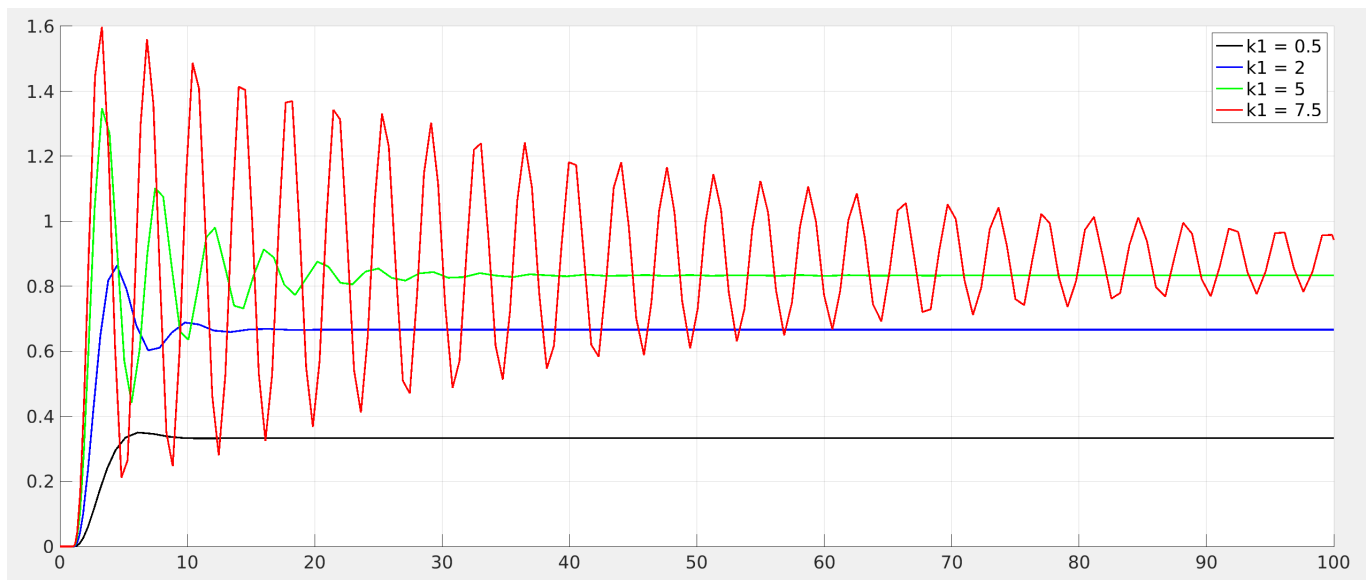
2.1 Układ automatycznej regulacji z regulatorem typu P

Dany jest obiekt regulacji o transmitancji $K_O(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$ połączony szeregowo z regulatorem proporcjonalnym o nieznanej transmitancji $K_R(s) = k_1$. Układ $K_{OTW} = K_O(s) \cdot K_R(s)$ jest zamknięty sprzężeniem zwrotnym umożliwiającym powstanie uchybu regulacji $\mathcal{E} = y_0(t) - y(t)$ jako sygnału wejścia na regulator. Schemat układu został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1: Schemat Simulink układu automatycznej regulacji z regulatorem typu P

Ten układ automatycznej regulacji jest stabilny dla $k_1 \in (-1, 8)$. Dla wybranych wartości k_1 z przedziału stabilności $k_1 = [0, 5; 2; 5; 7, 5]$ narysowano charakterystyki czasowe (rys. 2).

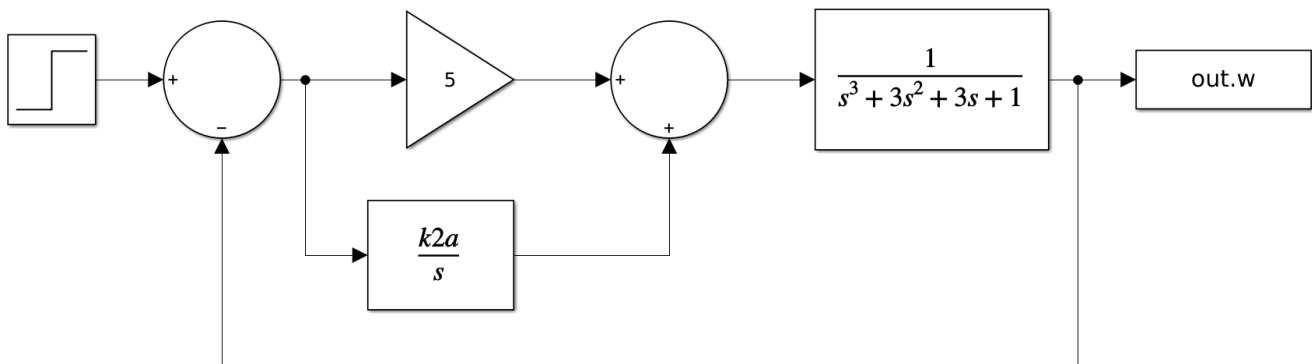


Rys. 2: Charakterystyki czasowe układu automatycznej regulacji dla wybranych wartości regulatora proporcjonalnego

Na przykład, dla wartości $k_1 = 5$ zauważa się, że układ ma przeregulowania na początku, później stabilizuje się na wartości około 0,82.

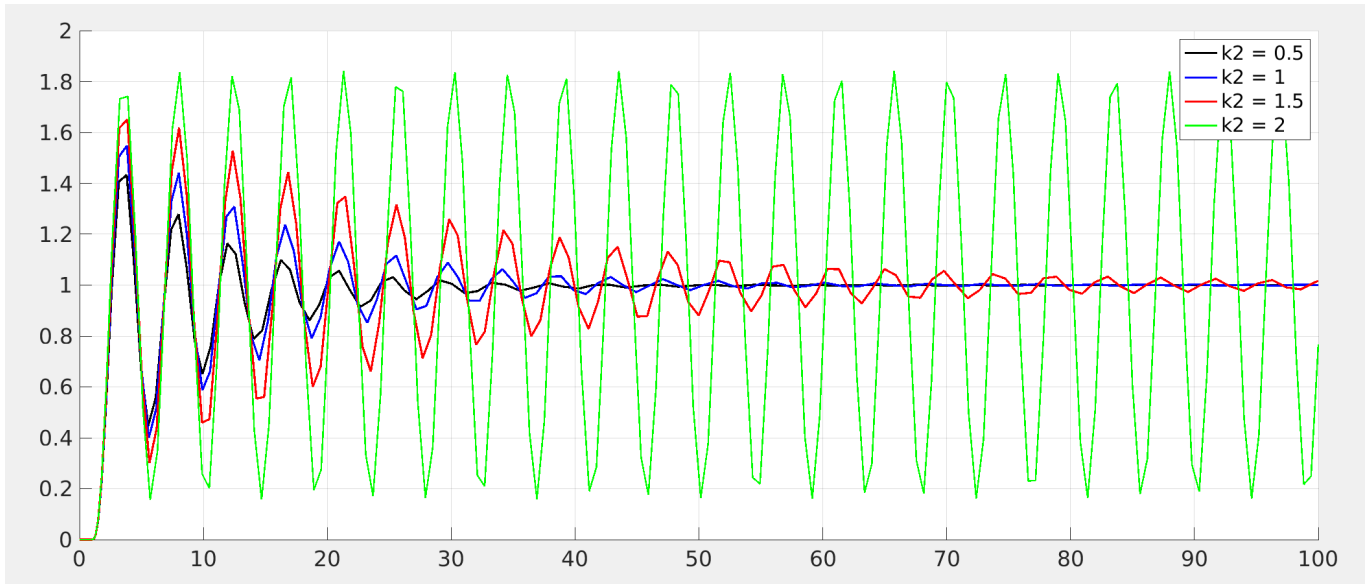
2.2 Układ automatycznej regulacji z regulatorem typu PI

Dla wybranej wartości $k_1 = 5$ dołączono do regulatora równolegle gałąź z członem całkującym. Ta operacja ma na celu zmniejszenie uchybu.



Rys. 3: Schemat UAR z regulatorem typu PI

Ten UAR jest stabilny dla $k_2 \in (0, 2)$. Dla wybranych wartości $k_2 = [0, 5; 1; 1, 5; 2]$ narysowano charakterystyki czasowe (rys. 4).



Rys. 4: Charakterystyki czasowe UAR z regulatorem typu PI

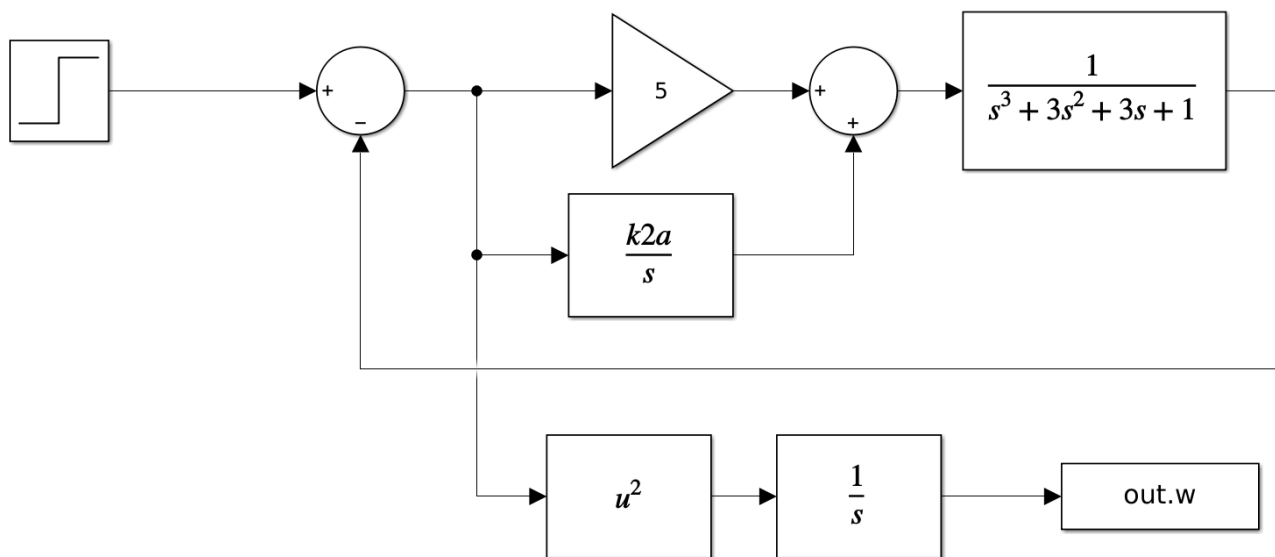
Dla $k_2 = 2$ układ jest niestabilny. W pozostałych przypadkach dzięki dodaniu regulatora typu I, zminimalizowany został uchyb i charakterystyka czasowa stabilizuje się na wartości około 1. Im mniejsze k_2 tym mniejsze przeregulowania i szybsza stabilizacja układu.

2.3 Wskaźnik jakości regulacji

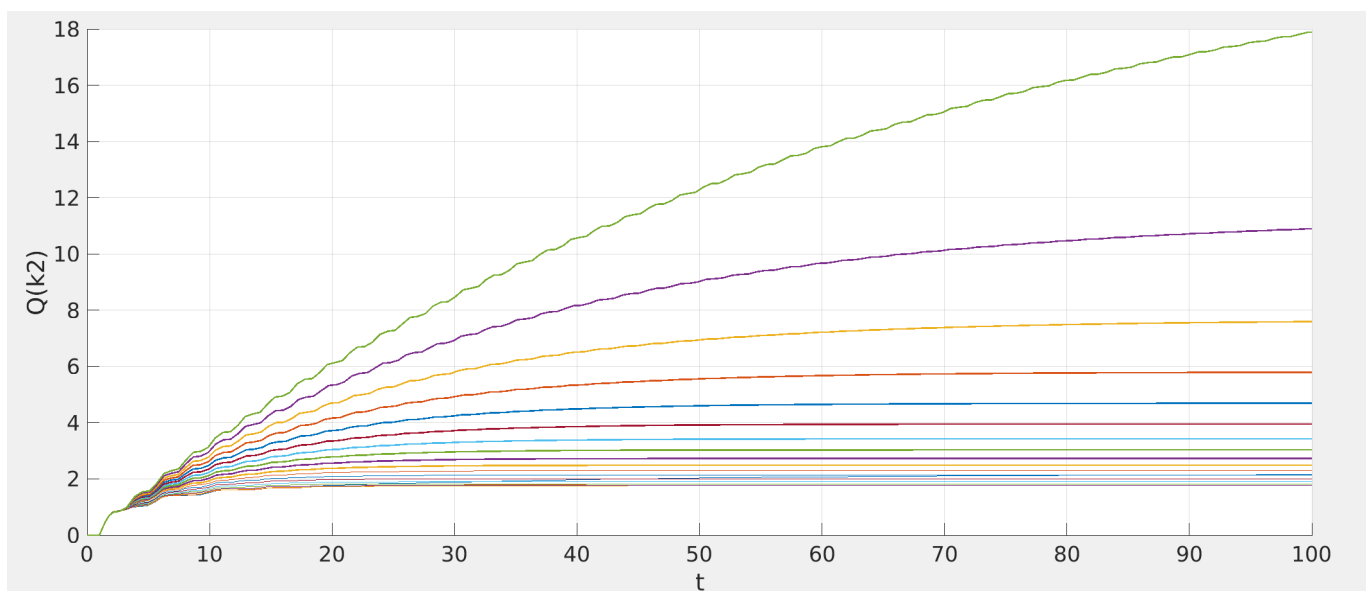
Właściwy dobór nastaw regulatora, czyli parametrów k_1, k_2 zagwarantuje stabilną pracę układu regulacji automatycznej oraz odpowiednią jej jakość. Jednym ze wskaźników jakości regulacji jest całka z kwadratu uchybu:

$$Q = \int_0^{\infty} \mathcal{E}^2(t) dt \quad (1)$$

gdzie Q to wskaźnik jakości regulacji oraz \mathcal{E} to uchyb. W celu zbadania wpływu wartości k_2 na parametr Q , zbudowano schemat w Simulinku (rys. 5) i wygenerowano wykres zależności $Q(k_2)$ (rys. 6).



Rys. 5: Schemat w Simulinku do badania kryterium jakości



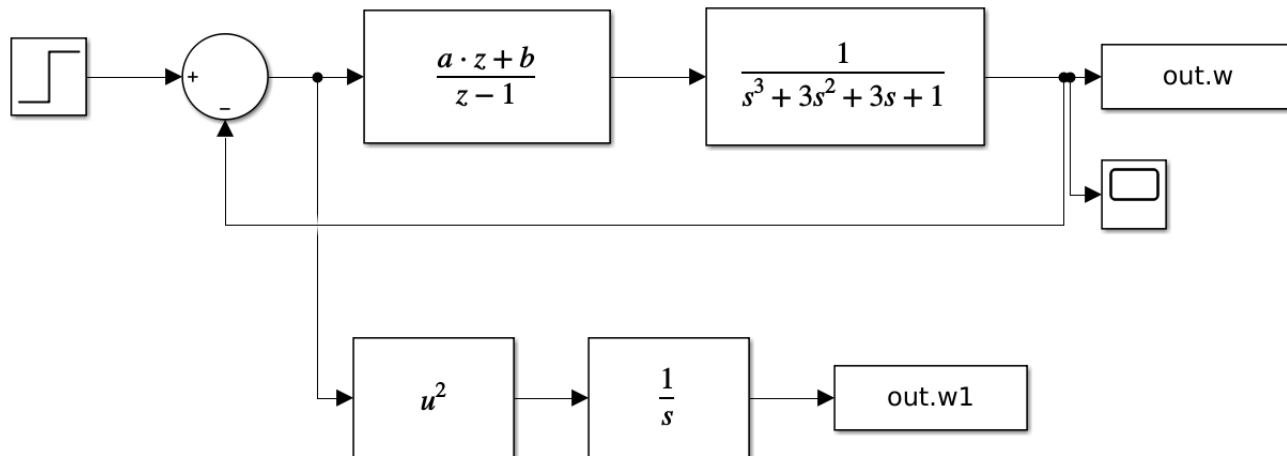
Rys. 6: Kryterium jakości w zależności od różnych wartości k_2

Wartości k_2 były zmieniane od 0,1 do 1,9 (czyli w granicach stabilności układu) co 0,1. Należy zaznaczyć, że tym lepsza jest jakość regulacji, im mniejsze wartości osiągają wskaźniki do badania jakości regulacji. Zatem, najlepszą jakość regulacji da układ z najmniejszą wartością k_2 w granicach stabilności układu - z rysunku 6 będzie to $k_2 = 0,1$.

3 Badanie układu automatycznej regulacji w czasie dyskretnym

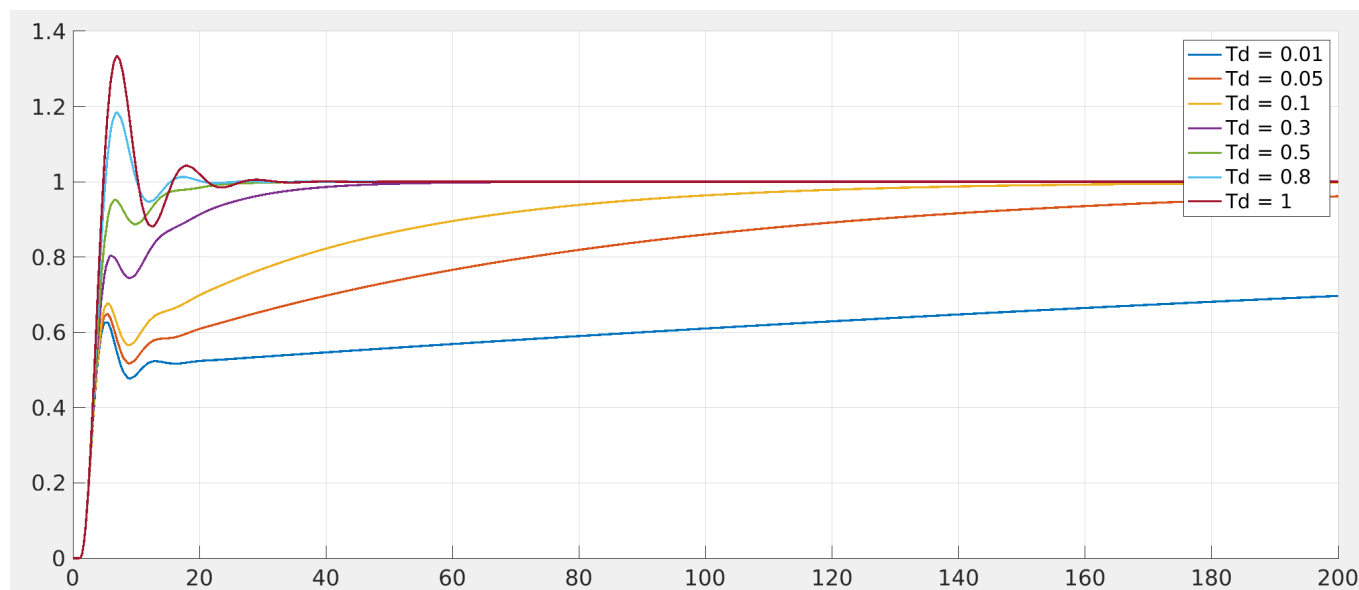
3.1 Odpowiedź UAR w zależności od czasu próbkowania

Dla dyskretnego układu automatycznej regulacji typu PI i ustalonych wartości jego nastaw obserwowano wpływ różnych czasów próbkowania na charakterystykę układu dyskretnego. W tym celu utworzono schemat w Simulinku (rys. 7).



Rys. 7: Schemat w Simulinku do badania układu dyskretnego

Transmitancję regulatora zapisano w dziedzinie czasu dyskretnego: $\frac{a \cdot z + b}{z - 1}$, gdzie wartości a, b zostały wyznaczone przez funkcję $c2d$. Badania zostały przeprowadzone dla wartości regulatora $k_1 = 1$ oraz $k_2 = 0.5$, od których zależy wartość regulatora dyskretnego. Na początku obserwowano charakterystykę czasową UAR dla różnych czasów próbkowania Td (rys. 8).

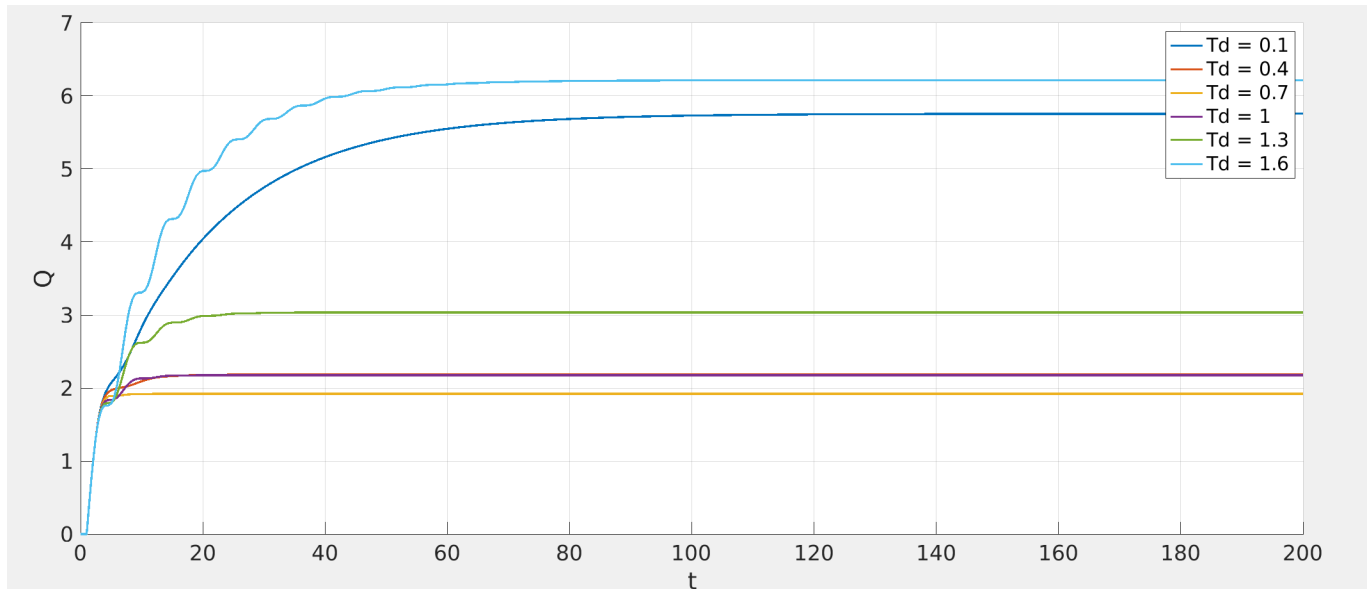


Rys. 8: Charakterystyka czasowa UAR dla różnych czasów próbkowania

Z badania wynika, że optymalne czasy próbkowania to na przykład $T_d = 0,3$, $T_d = 0,5$ czy $T_d = 0,8$. Dla większych wartości T_d zauważa się większe przeregulowania, podczas gdy czas stabilizacji jest porównywalny. Natomiast dla mniejszych wartości T_d czas stabilizacji znacznie się wydłuża.

3.2 Wskaźnik jakości regulacji

Następnie przeprowadzono badanie wskaźnika jakości regulacji, jakim jest całka z kwadratu uchybu. Poniższe zdjęcie przedstawia zależność $Q(T_d)$ dla różnych czasów próbkowania (rys. 9).



Rys. 9: Zależność kryterium jakości Q od czasu próbkowania T_d

Badanie potwierdza, że optymalne czasy próbkowania (zapewniające najlepszą jakość regulacji) mieszczą się w zakresie $T_d = [0.4, 1.3]$. Zarówno mniejsze jak i większe wartości czasu próbkowania gwarantują gorszą jakość regulacji.

4 Podsumowanie i wnioski

Po przeprowadzeniu badań nad układem automatycznej regulacji wywnioskowano, że:

- regulator typu I dołączony równolegle do regulatora proporcjonalnego pozwala zmniejszyć uchyb
- całka z kwadratu uchybu pozwala wywnioskować jakość regulacji dla zadanych parametrów
- parametr k_2 ma wpływ na przeregulowania i czas stabilizacji układu
- im mniejszy parametr k_2 w regulatorze całkującym, tym mniejsza wartość Q (wskaźnika regulacji), czyli lepsza jakość regulacji
- czas próbkowania ma wpływ na odpowiedź UAR z regulatorem w czasie dyskretnym

- optymalne czasy próbkowania dla przeprowadzonych badań mieszczą się w zakresie $Td = [0.3, 0.8]$
- dla wartości spoza tego zakresu zauważalne były większe przeregulowania lub dłuższy czas stabilizacji
- wskaźnik jakości regulacji potwierdził wartości czasu próbkowania gwarantujące najlepszą jakość regulacji.