STP - Projekt 2.47

Jakub Postępski

30 maja 2017

Obiekt opisany jest transmitancją:

$$G(s) = \frac{K_0 e^{-T_0 s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

Dla parametrów: $K_0 = 2.9, T_0 = 5, T_1 = 2.4, T_2 = 5.5$

1 Transmitancja dyskretna

Program znajduje się w pliku *zadanie_1.m*. Korzystając z polecenia *c2d()* otrzymujemy transmitancję dyskretną:

$$G(z) = z^{-10} \frac{0.0249z + 0.0225}{z^2 - 1.7250z + 0.7414}$$

Rysunek 1 prezentuje odpowiedź skokową obu modeli. Wzmocnienie statyczne (w programie użyto funkcji *dcgain()*) obliczamy odpowiednio dla modelu ciągłego i dyskretnego:

$$K_s = \lim_{s \to 0} G(s)$$

$$K_z = \lim_{z \to 1} G(z)$$

Wzmocnienia statyczne $K_s = K_z = 2.9$.

2 Równanie różnicowe

Dla transmitancji

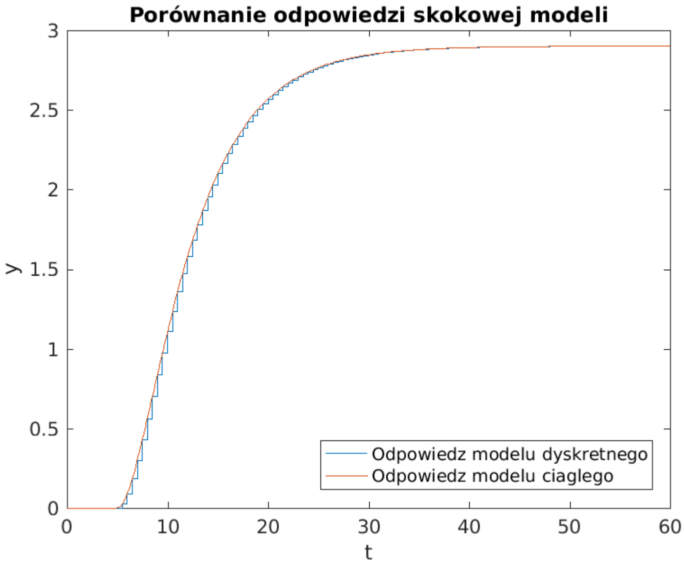
$$G(z) = z^{-10} \frac{0.0249z + 0.0225}{z^2 - 1.7250z + 0.7414} = \frac{0.0249z^{-11} + 0.0225z^{-12}}{1 - 1.7250z^{-1} + 0.7414z^{-2}} = \frac{Y(z)}{U(z)}$$

Mamy:

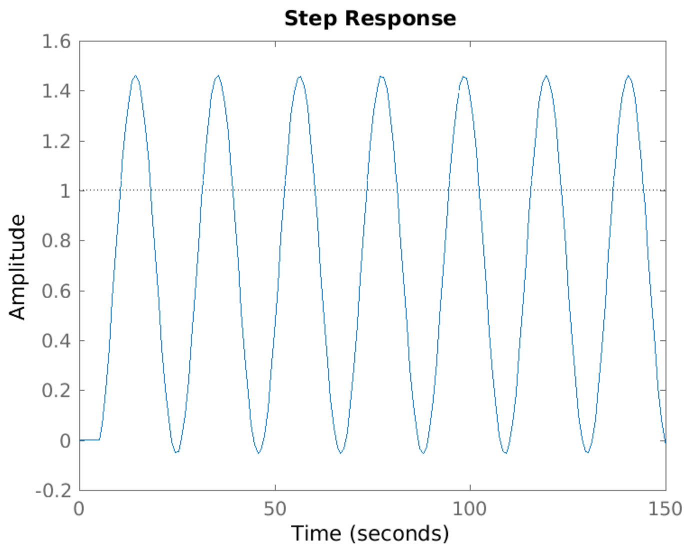
$$Y(z)(1 - 1.7250z^{-1} + 0.7414z^{-2}) = U(s)(0.0249z^{-11} + 0.0225z^{-12})$$

Dlatego:

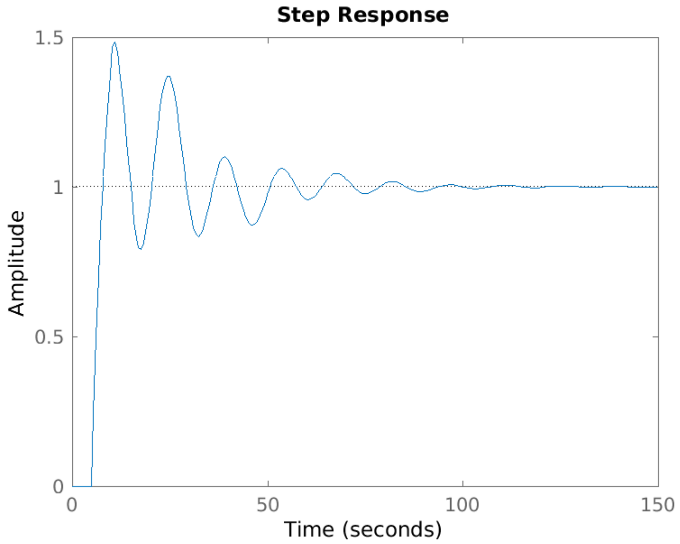
$$y(k) = 1.7250y(k-1) - 0.7414y(k-2) + 0.0249y(k-11) + 0.0225y(k-12)$$



Rysunek 1:



Rysunek 2: Układ przy wyłączonych członach różniczkującym i całkującym.



Rysunek 3: Układ z dobranym ciągłym regulatorem PID.

3 Regulator PID

Program znajduje się w pliku *zadanie_3.m*.
Regulator ciągły dobrano, poprzez wyłączenie członów całkującego i różniczkującego regulatora (rys 2). Uzyskano $K_k = 0.817$ oraz $T_k = 21$. Dzięki temu dobrano $K_r = 0.4902$, $T_i = 10.5$ oraz $T_d = 2.52$. Działanie układu z regulatorem jest widoczne na rysunku 3.

Regulator dyskretny ma postać:

$$R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_2 z^{-2} + r_1 z^{-1} + r_0}{1 - z^{-1}}$$

Przekształcając otrzymujemy:

$$R(z) = \frac{(K_r + T_d) + (\frac{T_p}{T_i} - K_r - 2T_d)z^{-1} + T_d z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

Transmitancję układu można też uzyskać z zależności:

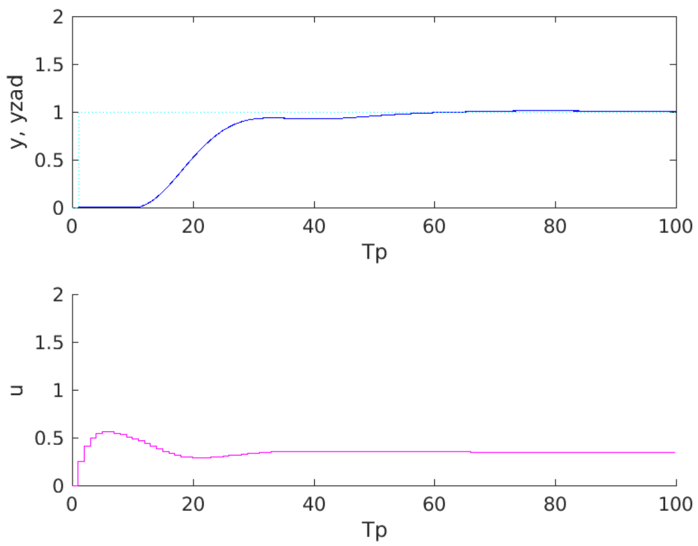
$$G(z) = \frac{z-1}{z} Z(\frac{G(s)}{s})$$

Przyrównując obie postaci:

$$r_2 = T_d$$
$$r_1 = \frac{T_p}{T_i} - K_r - 2T_d$$
$$r_0 = K_r + T_d$$

więc:

$$r_2 = 2.52$$
$$r_1 = -5.4826$$
$$r_0 = 3.0102$$



Rysunek 4: Przykładowa symulacja algorytmu DMC.

4 Algorytm PID

Do symulacji wykorzystano obiekt opisany wcześniej transmitancją dyskretną.

4.1 Algorytm DMC

Implementacja znajduje się w pliku *zadanie_4_dmc.m*. Rozwiązanie algorytmu DMC bazuje na zależności:

$$\Delta u = (M^T M + \lambda I)^{-1} M^T (y^{zad} - y^k - M^P \Delta u^P)$$

W celu wyznaczenia odpowiedzi skokowej zastosowano rozwiązania z zadania 1 (rysunek 1). Skorzystano z równań różnicowych z zadania 2.
Przykładowa symulacja z parametrami:

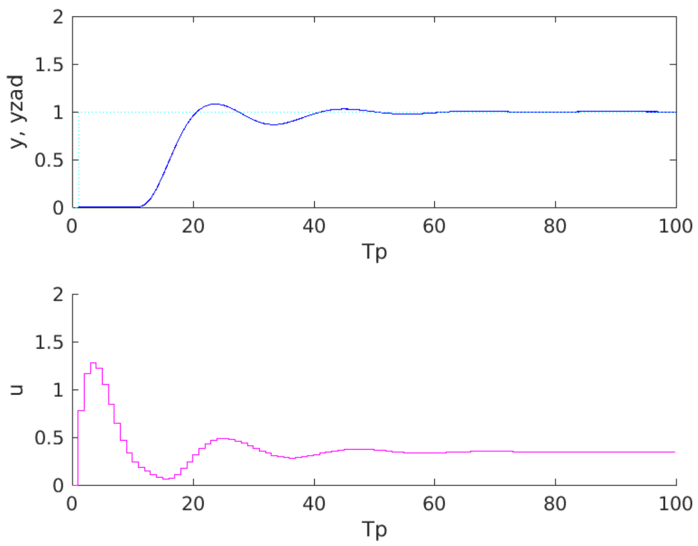
- horyzont predykcji $N = 60$
- horyzont dynamiki $D = 60$
- horyzont sterowania $N_u = 3$
- wskaźnik jakości $\lambda = 10$

zaprezentowana jest na rysunku 4.

5 Dobór parametrów algorytmu DMC

5.1 Horyzont dynamiki

Sygnał odpowiedzi skokowej stabilizuje się po 50 s. Dlatego $D = 50/T_p = 100$. Założono $\lambda = 1$. Symulację przedstawia rysunek 5.



Rysunek 5: Symulacja DMC dla parametrów $N = Nu = D = 100, \lambda = 1$

5.2 Horyzont predykcji

Wybrano $N = 60$ ponieważ jest to najmniejsza z wartości, dla których algorytm nie zachowywał się gorzej, niż w przypadku z podpunktu a). Symulację przedstawia rysunek

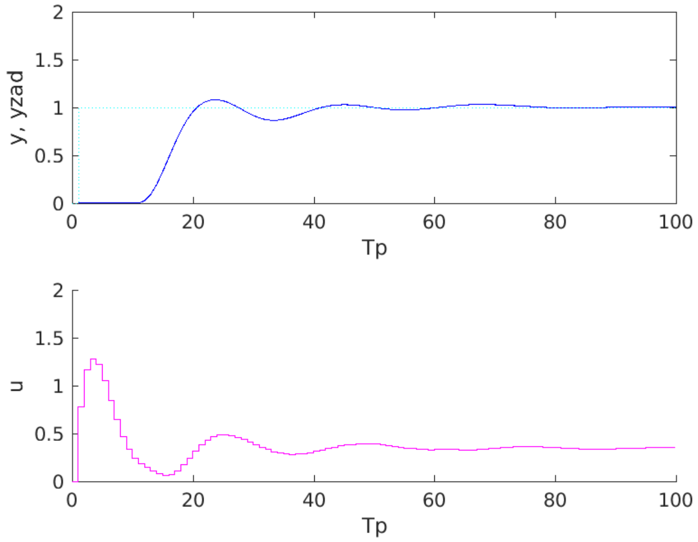
5.3 Horyzont sterowania

Przeprowadzono szereg symulacji zaprezentowanych na rysunkach 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 i 6. Okazuje się, że dla $N_u > 10$ symulacja zachowuje się dość podobnie. Ze wzrostem parametru zwiększają się oscylacje. Nie ma więc sensu stosowanie większych horyzontów sterowania. Dla parametru $N_u = 1$ nie występuje przeregulowanie, co w niektórych zastosowaniach może być dużą zaletą. Według autora najlepszym kompromisem pomiędzy szybkością regulacji, maksymalną różnicą skoków sterowania, przeregulowaniem oraz złożonością algorytmu jest $N_u = 10$.

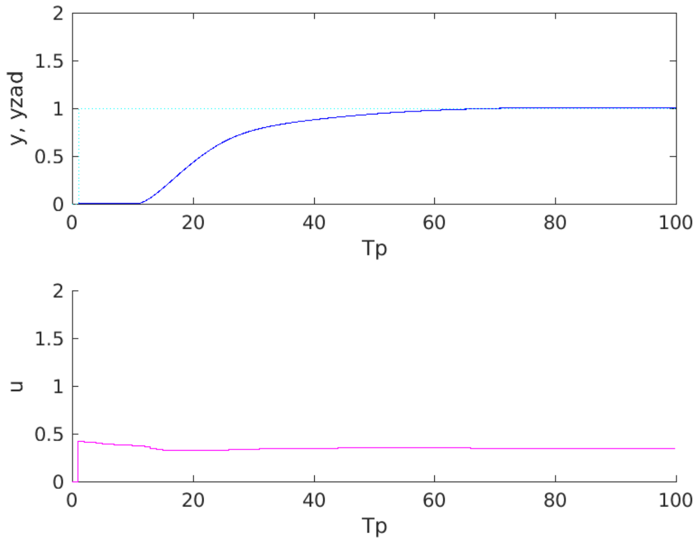
5.4 Współczynnik λ

Przeprowadzono symulacje zaprezentowane na rysunkach 12, 17, 18, 19, 20 i 21. Według autora nalepszym kompromisem pomiędzy postacią sygnału wyjściowego i szybkością jest $\lambda = 5$.

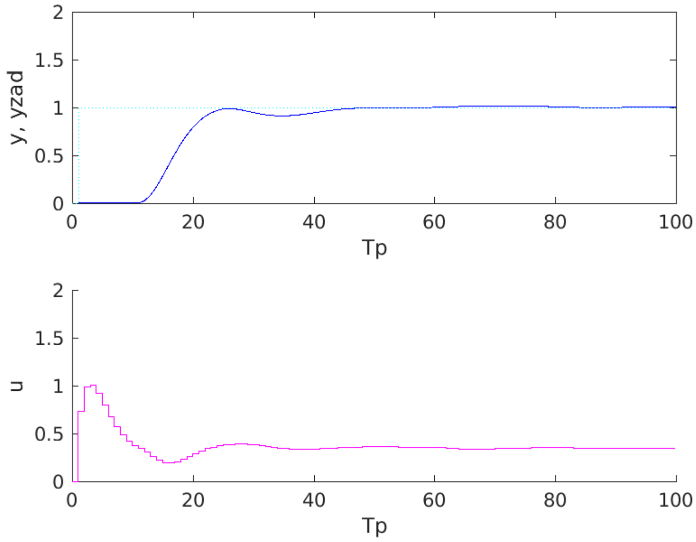
6 Porównanie algorytmów PID i DMC



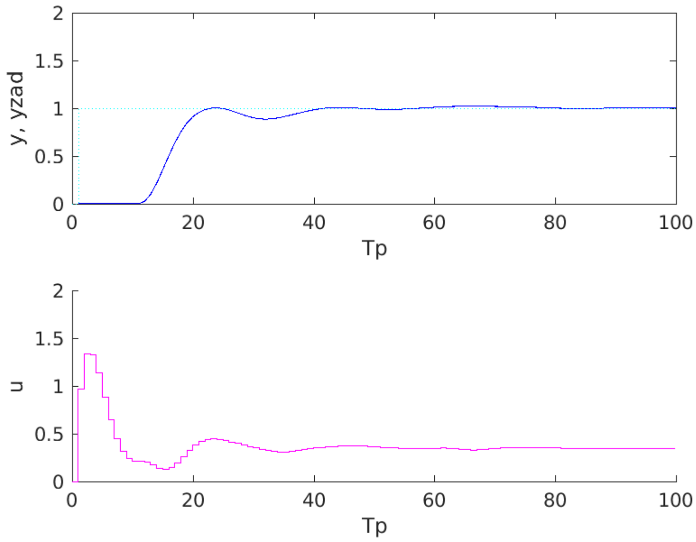
Rysunek 6: Symulacja DMC dla parametrów $N = Nu = 60, \lambda = 1$



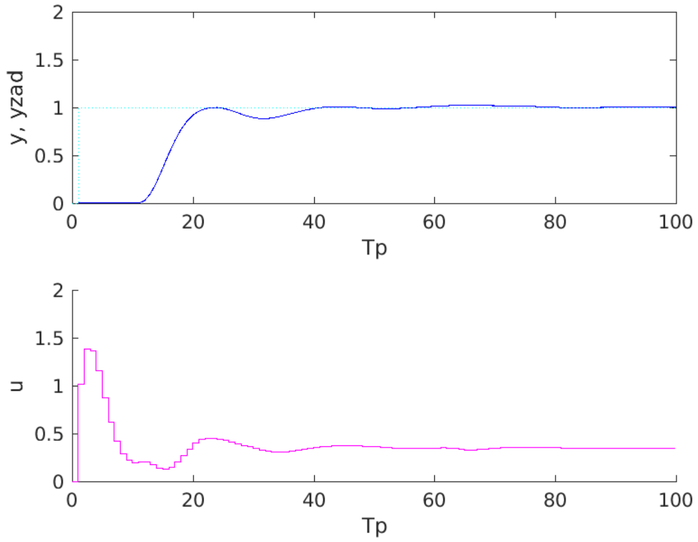
Rysunek 7: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 1, \lambda = 1$



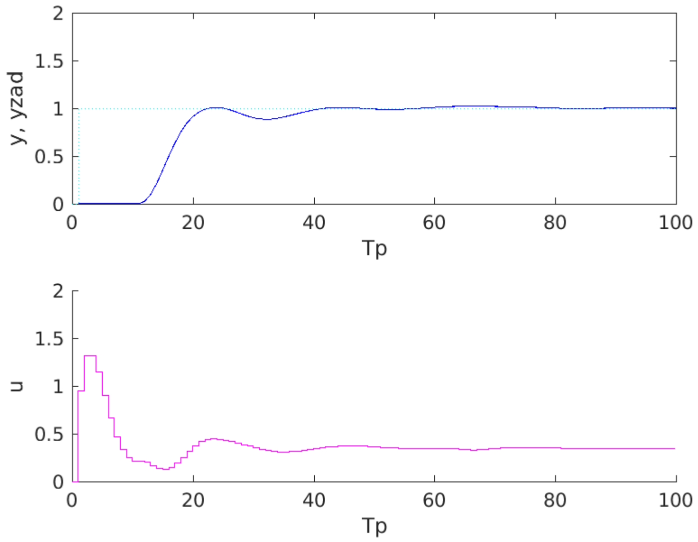
Rysunek 8: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 2, \lambda = 2$



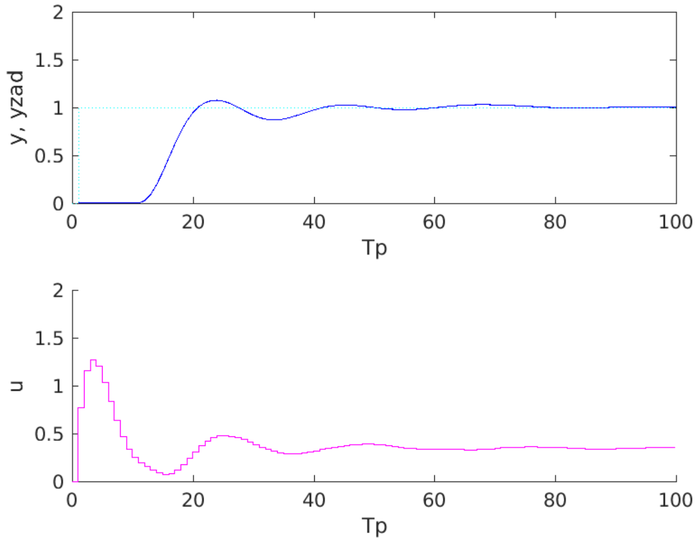
Rysunek 9: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 3, \lambda = 1$



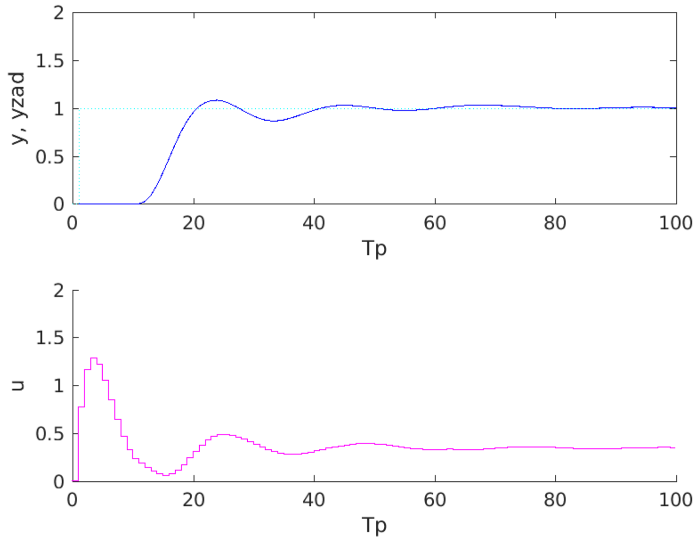
Rysunek 10: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 4, \lambda = 1$



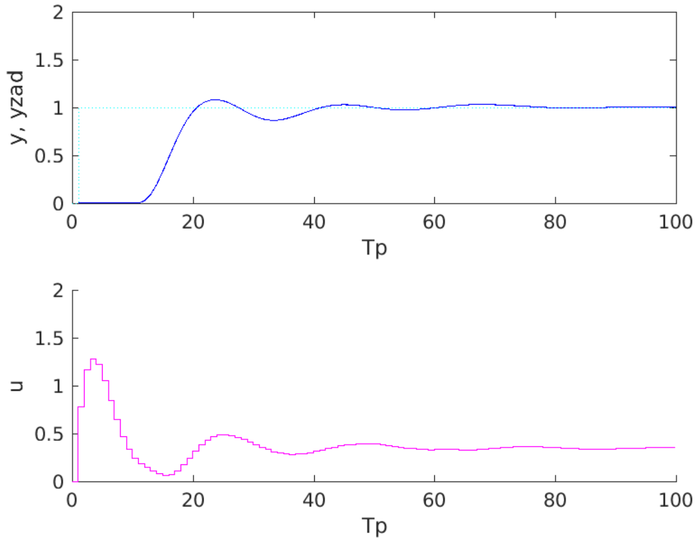
Rysunek 11: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 5, \lambda = 1$



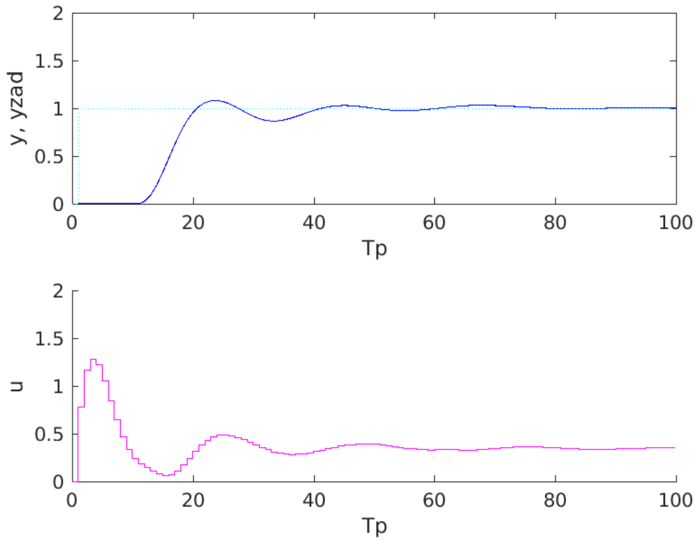
Rysunek 12: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 1$



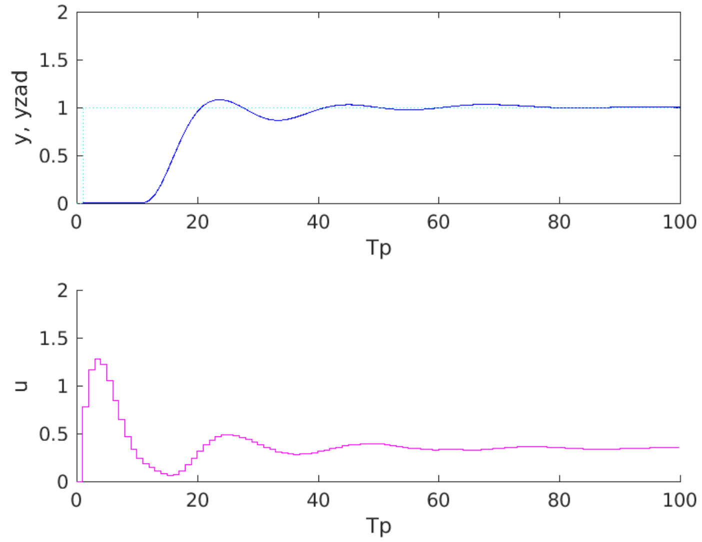
Rysunek 13: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 20, \lambda = 1$



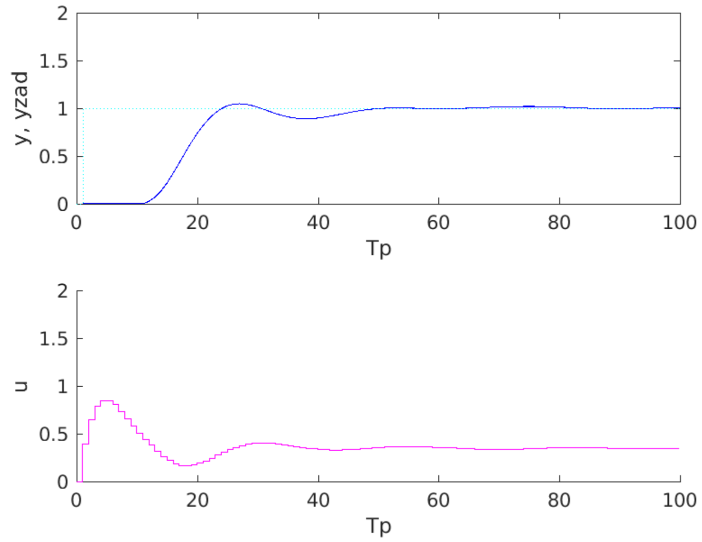
Rysunek 14: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 30, \lambda = 1$



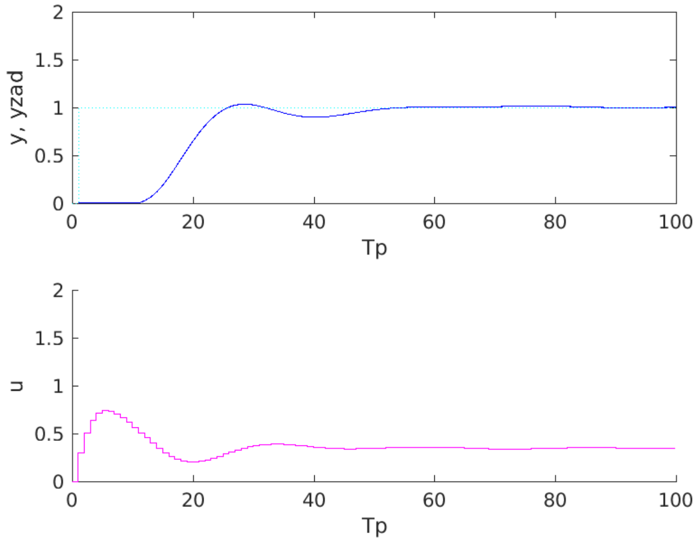
Rysunek 15: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 40, \lambda = 1$



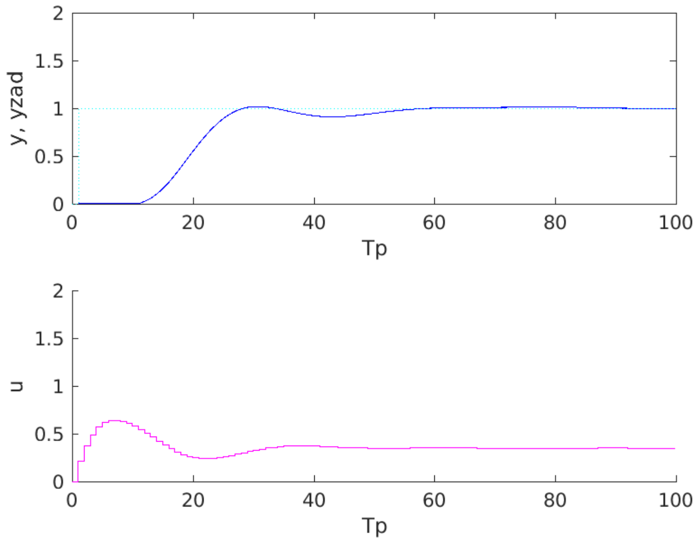
Rysunek 16: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 50, \lambda = 1$



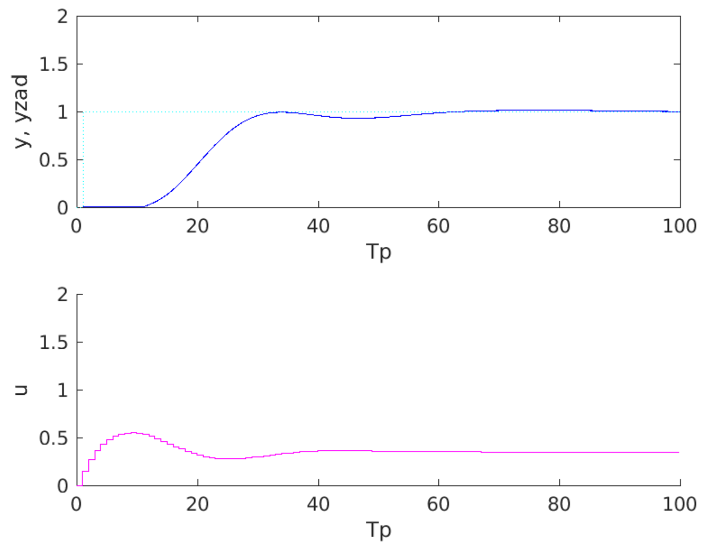
Rysunek 17: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 5$



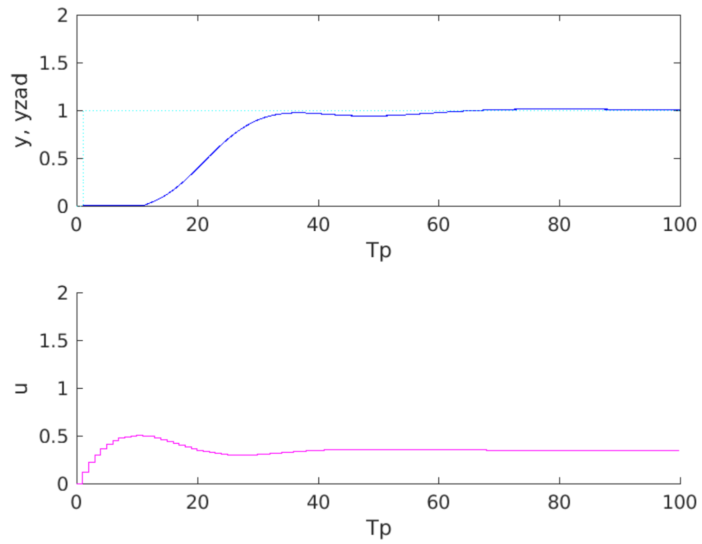
Rysunek 18: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 10$



Rysunek 19: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 20$



Rysunek 20: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 40$



Rysunek 21: Symulacja DMC dla parametrów $N = 60, Nu = 10, \lambda = 60$