

Sterowanie procesami – projekt II, zadanie 2.40

Michał Stolarz

Proces dynamiczny opisany jest transmitancją:

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

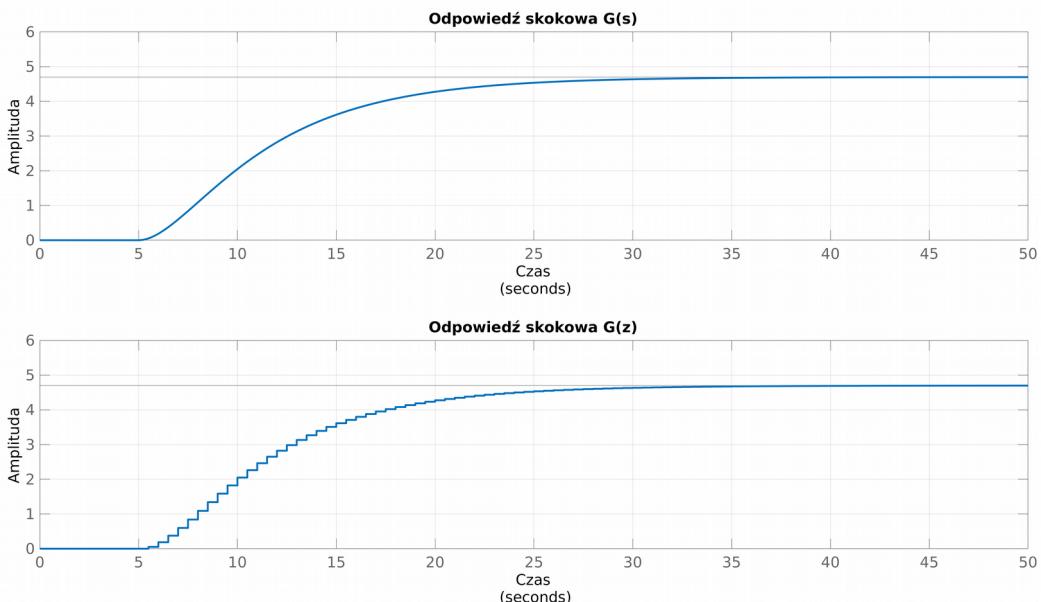
gdzie $K_0=4,7$, $T_0=5$, $T_1 = 1,89$, $T_2=5,27$

Zad nr 1

Wyznaczona (za pomocą ekstrapolatora zerowego rzędu) transmitancja dyskretna o okresie próbkowania 0,5s ma postać:

$$G(z) = z^{-10} \frac{0.0524z + 0.04649}{z^2 - 1.677z + 0.6981}$$

Odpowiedzi skokowe zarówno transmitancji dyskretnej jak i ciągłej są do siebie zbliżone:



Ilustracja 1: Odpowiedzi skokowe transmitancji ciągłej i dyskretnej

Jak widać na wykresach współczynniki wzmacniania zarówno transmitancji dyskretnej jak i ciągłej są takie same. Dla pewności jednak użyto funkcji : `dcgain()` . Jako argument przyjmuje transmitancję, a zwraca wzmacnianie statyczne. Dla obu transmitancji wzmacnianie statyczne wyniosło 4,7 . Wszelkie obliczenia zamieszczono w pliku zad1.m .

Zad nr 2

Wyznaczone równanie różnicowe na podstawie transmitancji dyskretnej, służące do obliczenia wielkości $y(k)$ na podstawie sygnałów wejściowych i wyjściowych z chwil poprzednich jest posataci:

$$y(k) = 1.677y(k-1) - 0.6981y(k-2) + 0.0524u(k-11) + 0.04649u(k-12)$$

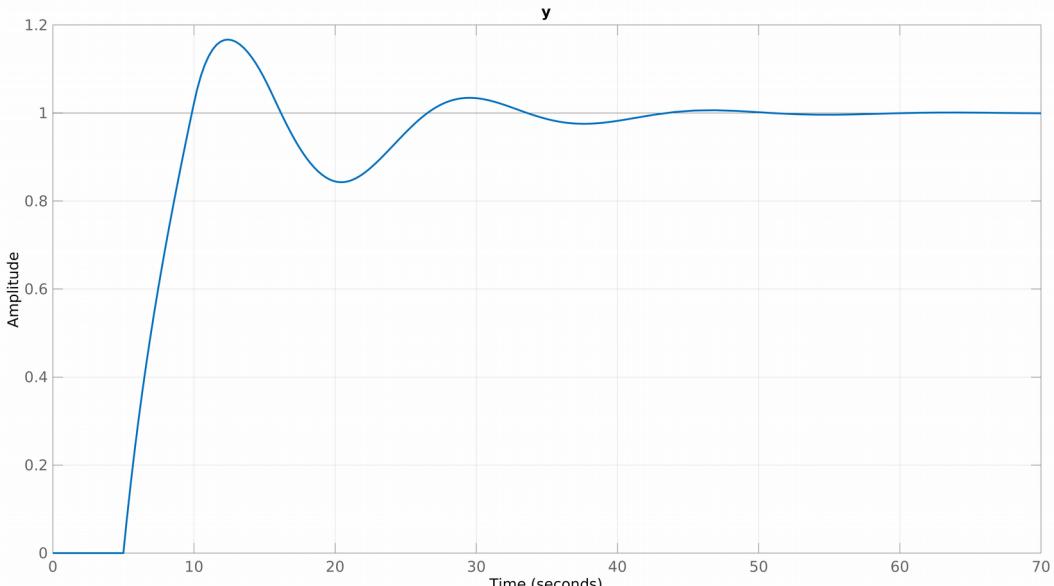
Zad nr 3

Dla danego obiektu dobrano ciągły regulator PID metodą Zieglera Nicholsa. Najpierw zmierzono wzmacnienie krytyczne $K_k=0,4802$, a następnie okres oscylacji $T_k=20s$. Nastawy wyniosły kolejno: $K_r=0,6K_k=0,2881$, $T_i=0,5T_k=10$, $T_d=0,12T_k=2,4$. Następnie na podstawie uzyskanych parametrów wyliczono parametry r_0 , r_1 , r_2 dla dyskretnego regulatora PID. Korzystano ze wzorów:

$$r_0 = K_r \left(1 + \frac{T_p}{2T_i} + \frac{T_d}{T_p} \right)$$
$$r_1 = K_r \left(-1 - 2\frac{T_d}{T_p} + \frac{T_p}{2T_i} \right)$$
$$r_2 = \frac{K_r T_d}{T_p}$$

gdzie T_p jest czasem próbkowania i wynosi 0,5s. Parametry te wyniosły kolejno: $r_0=1.6783$, $r_1=-3.0469$, $r_2=1.3830$.

Ponieważ metodą Zieglera Nicholsa uzyskano regulator stabilny i w dopuszczalnym czasie dążący do wartości zadanej (Ilustracja 2), zaprzestano dalszych prób zmieniania parametrów.

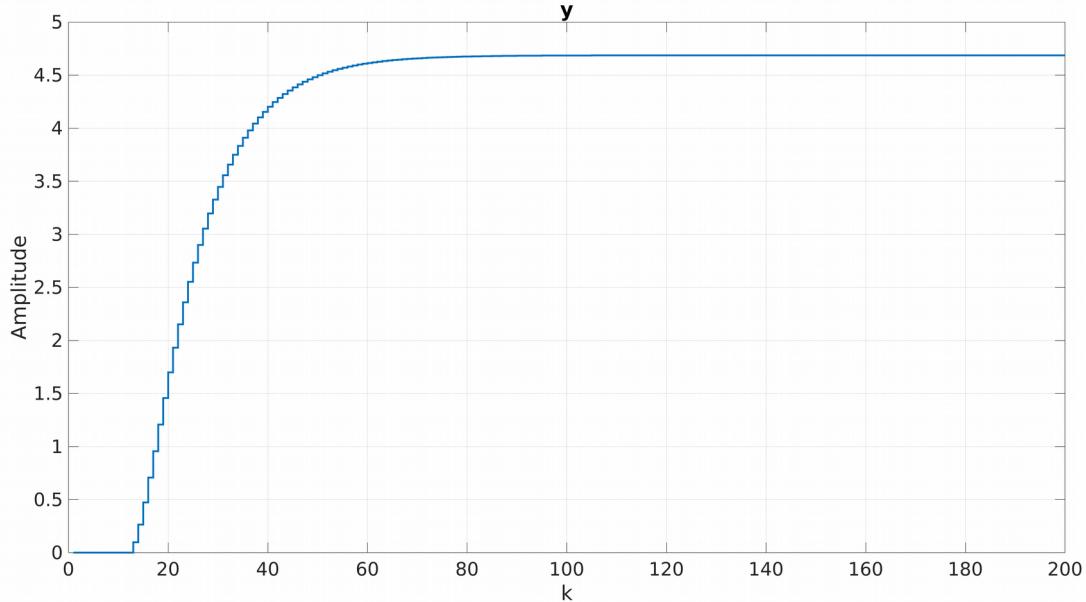


Ilustracja 2: Odpowiedź skokowa obiektu z ciągłym reguляtorem PID o parametrach wyznaczonych metodą Zieglera-Nicholsa

Wszelkie obliczenia do tego zadania zamieszczono w pliku zad3.m .

Zad nr 4

Program do symulacji cyfrowego algorytmu PID oraz algorytmu DMC w wersji analitycznej, bez ograniczeń znajduje się w pliku zad4.m . Przyjęto stałą trajektorię zadaną dla całego horyzontu predykcyjnego. Wykorzystano tutaj model z punktu drugiego do wyznaczenia odpowiedzi skokowej obiektu (wykorzystanej w regulacji predykcyjnej DMC) i jego symulacji. Odpowiedź skokową obiektu przedstawiono na Ilustracji 3, gdzie k oznacza numery kolejnych próbek z wartościami odpowiedzi skokowej obiektu.



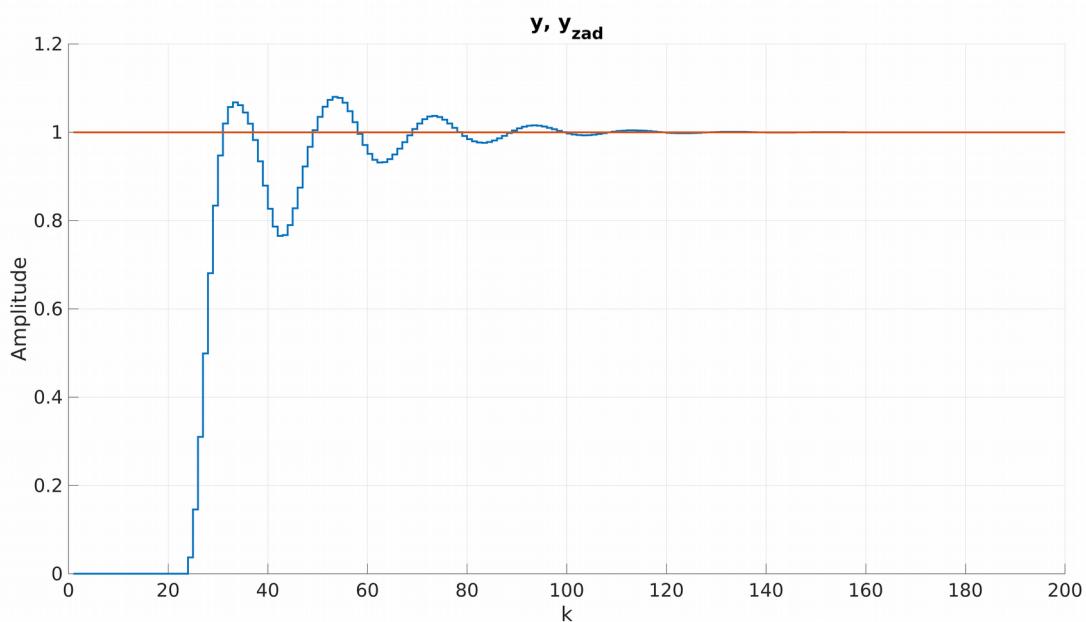
Ilustracja 3: Odpowiedź skokowa modelu w postaci równania różnicowego

Zad nr 5

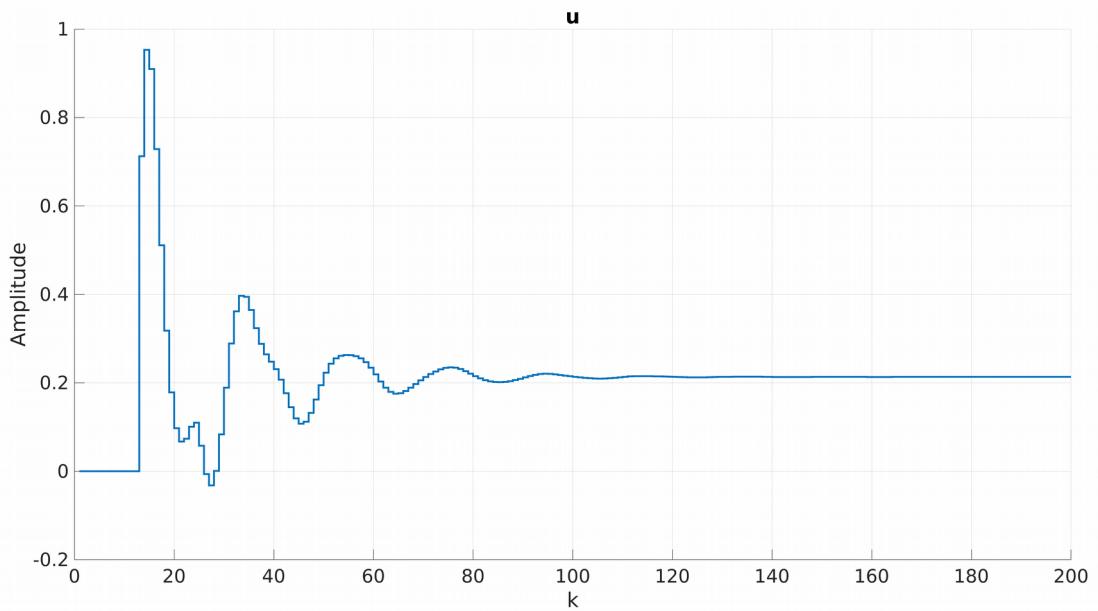
Dobrano parametry algorytmu DMC testując działanie układu regulacji dla skokowych zmian wartości zadanej, postępując w następujący sposób:

a)

Na podstawie odpowiedzi skokowej określono horyzont dynamiki $D=80$. Po tej liczbie kroków wartość odpowiedzi skokowej można uznać za ustaloną (zmienia się o bardzo niewielkie wartości), równą w przybliżeniu wzmacnieniu statycznemu (wynosi 4,6760). Następnie założono początkową wartość współczynnika λ ($\lambda=1$) oraz długości horyzontów predykcji i sterowania takie same, jak horyzontu dynamiki ($N_u=N=D$). Otrzymaną odpowiedź układu umieszczono na Ilustracji 4. Czerwonym kolorem zaznaczono wartość zadaną, a niebieskim wyjście obiektu. Regulator może nie pracuje optymalnie ale prawidłowo, ponieważ jest stabilny i osiąga wartość zadaną w dopuszczalnym czasie.



Ilustracja 4: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=D=80$

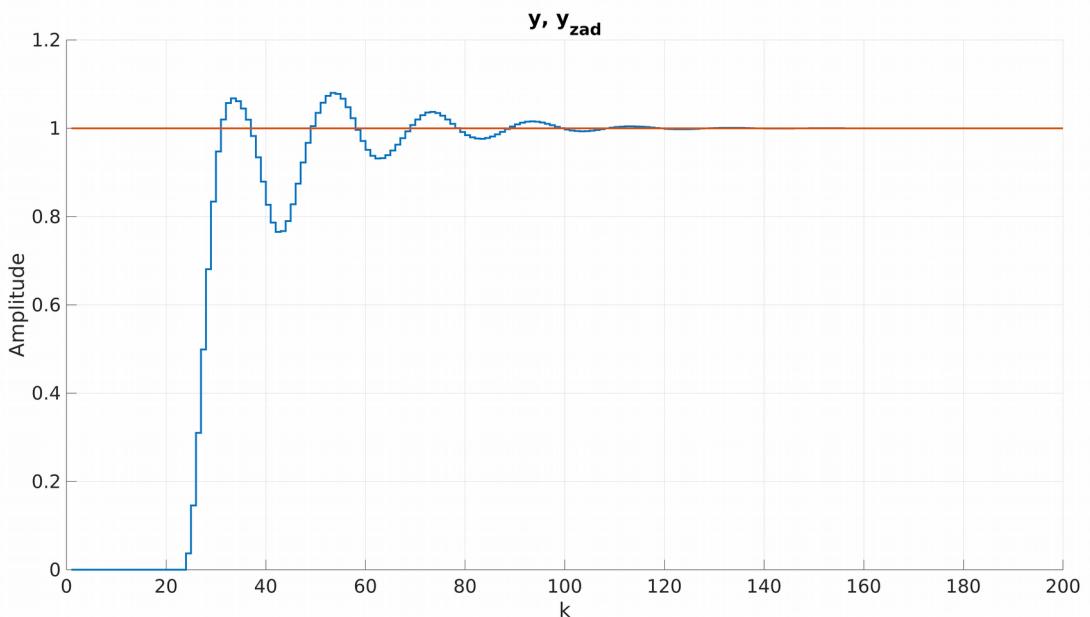


Ilustracja 5: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $Nu=N=D=80$

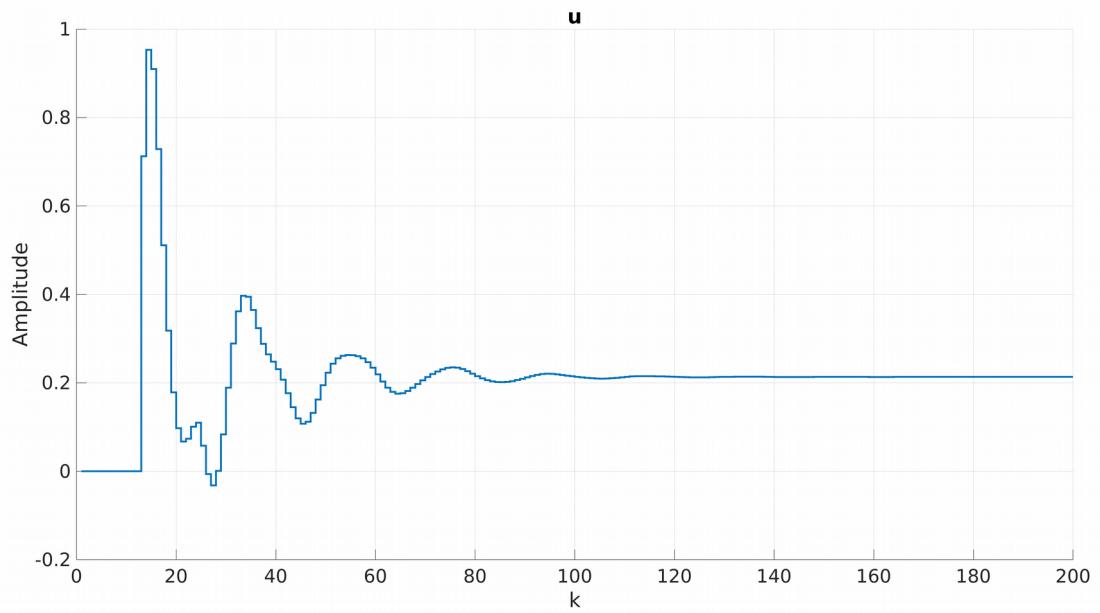
Niestety uzyskany regulator wytwarza sygnał sterujący, który potrafi bardzo szybko się zmieniać i uzyskiwać duże wartości, co też może być niekorzystne dla samego obiektu. Sygnał sterujący regulatora pokazano na Ilustracji 5.

b)

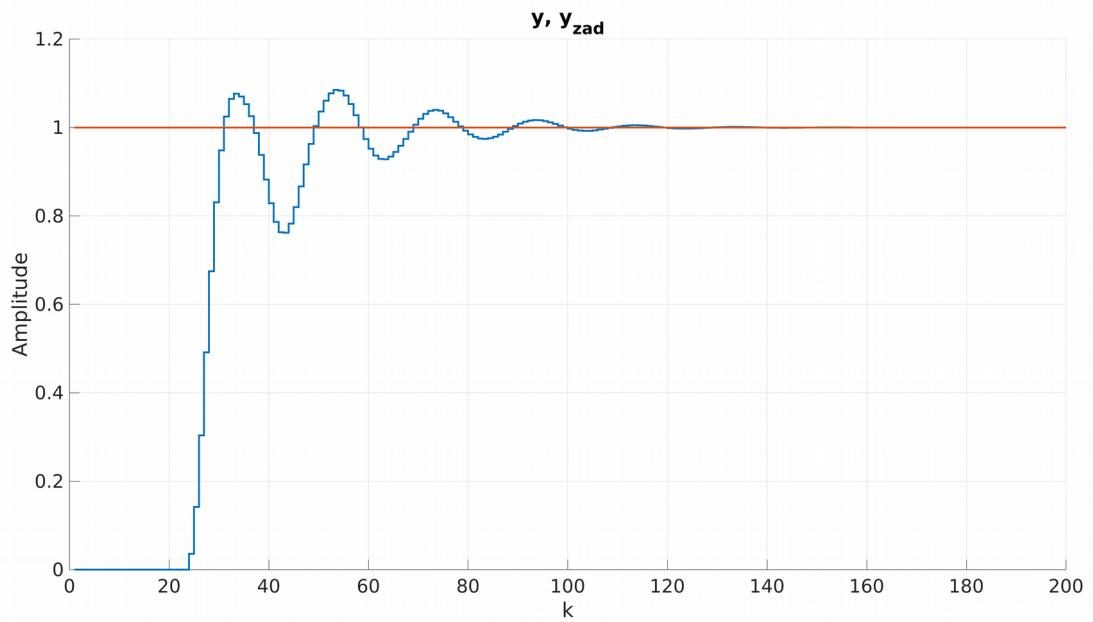
Następnie zaczęto stopniowo skracać horyzont predykcji i wybrano jego docelową długość równą 18, przy warunkach $D=80$, $Nu=N$, $\lambda=1$. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów przedstawiają Ilustracje 6-12 . Na wykresach z odpowiedzią skokową układu czerwonym kolorem oznaczono wartość zadaną, a niebieskim wyjście modelu.



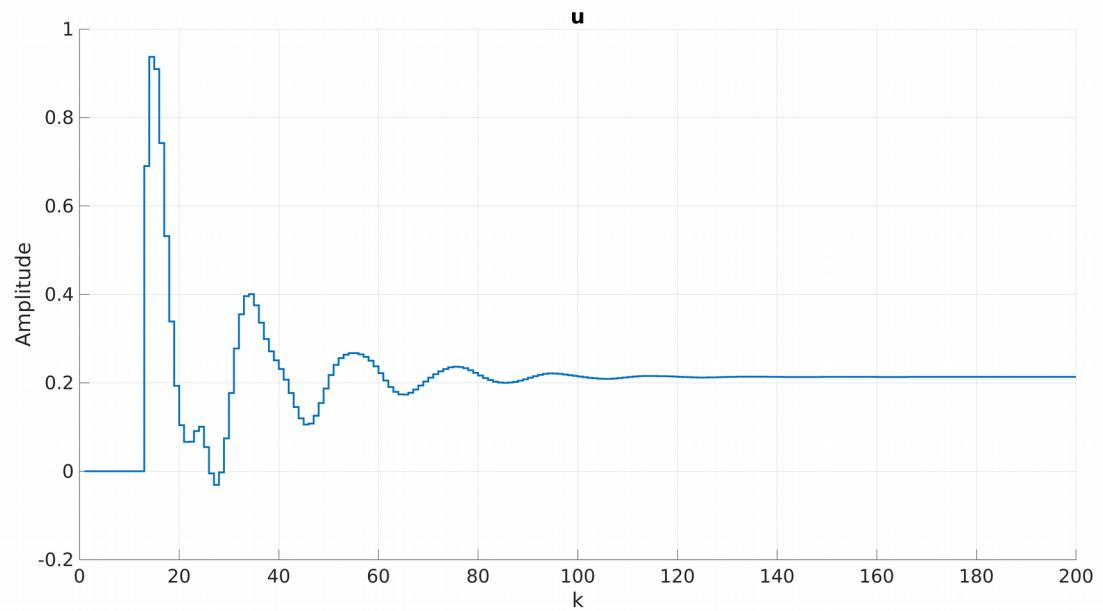
Ilustracja 6: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $Nu=N=40$



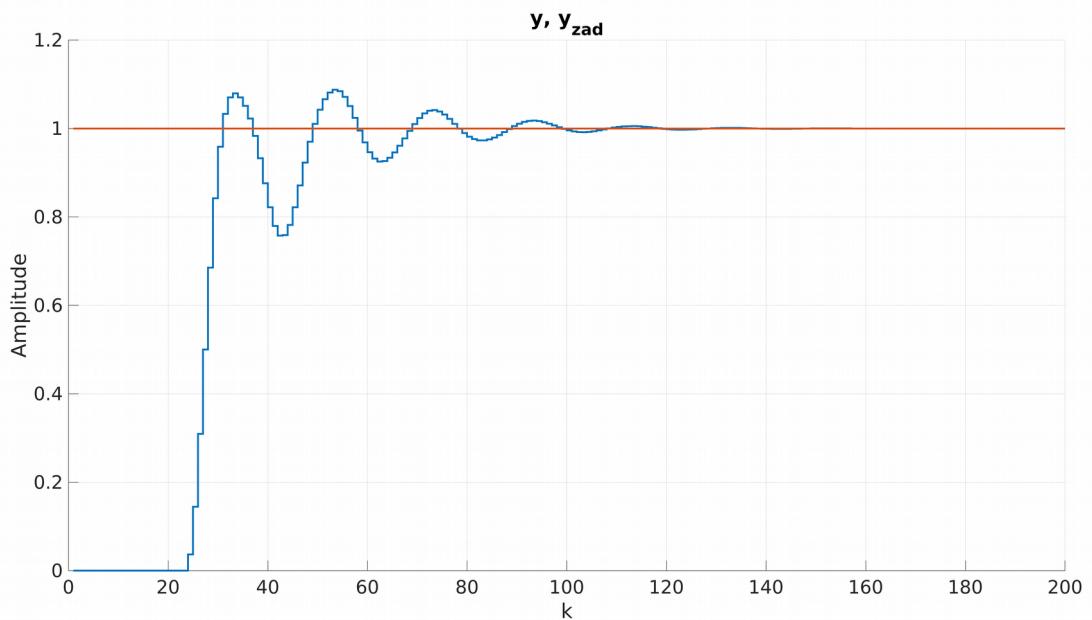
Ilustracja 7: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $Nu=N=40$



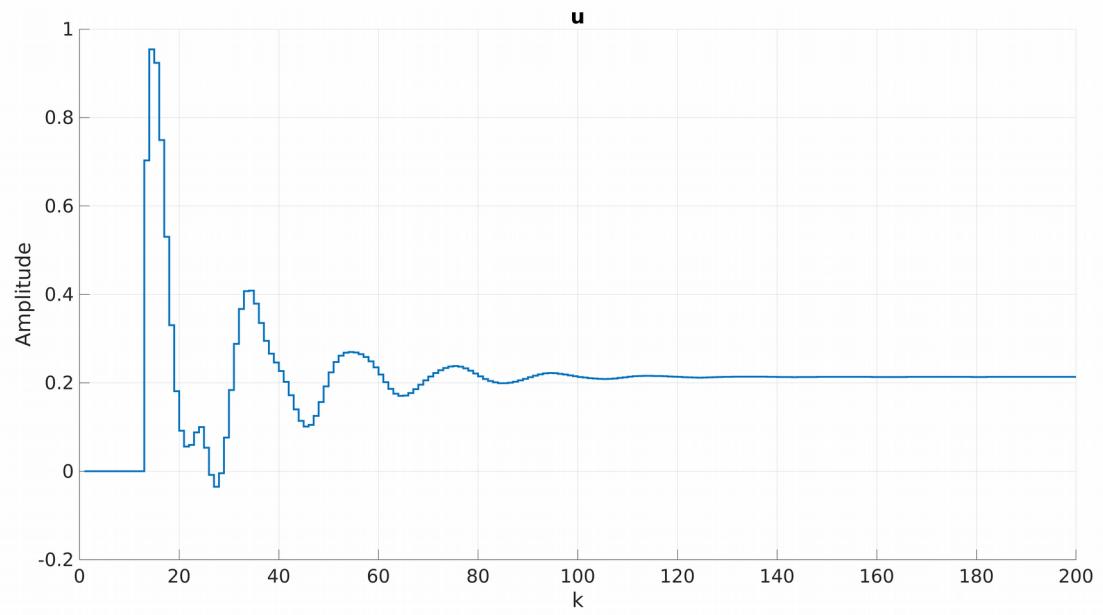
Ilustracja 8: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $Nu=N=20$



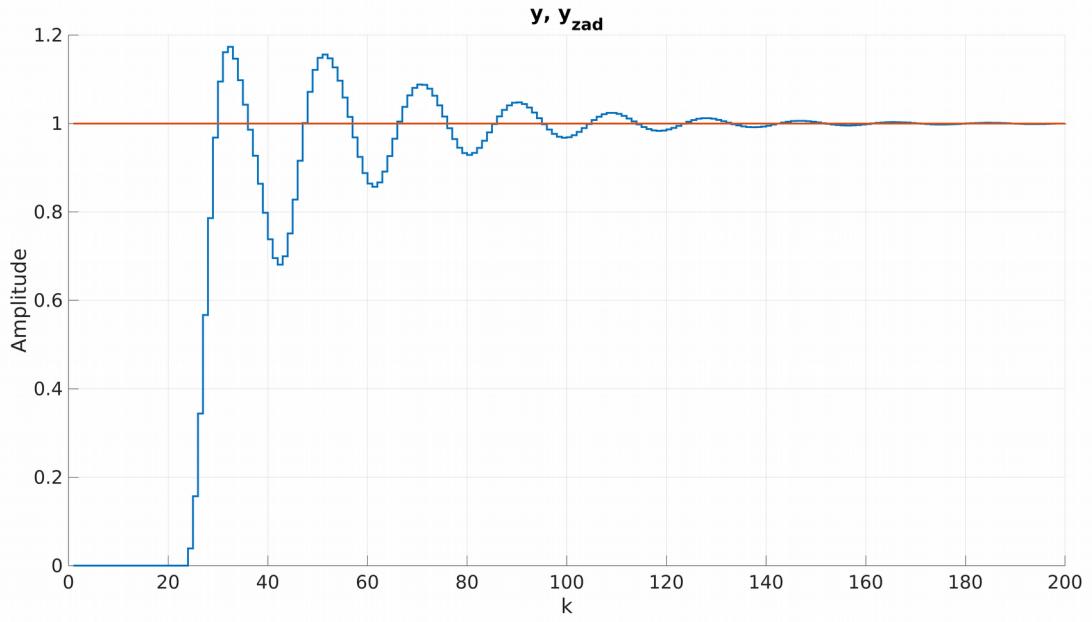
Ilustracja 9: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $\text{Nu}=\text{N}=20$



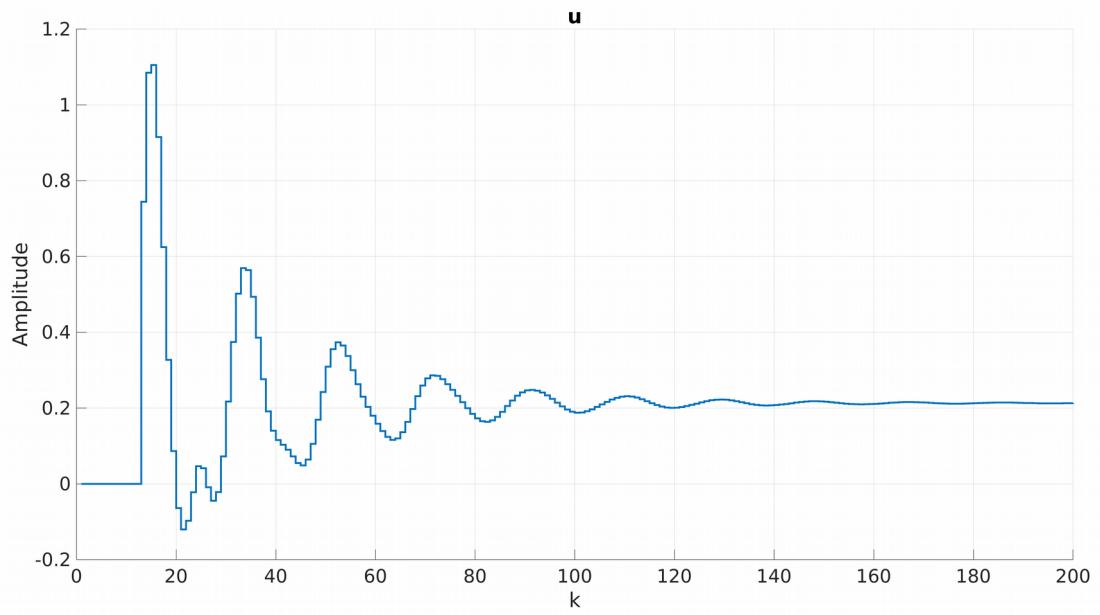
Ilustracja 10: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $\text{Nu}=\text{N}=18$



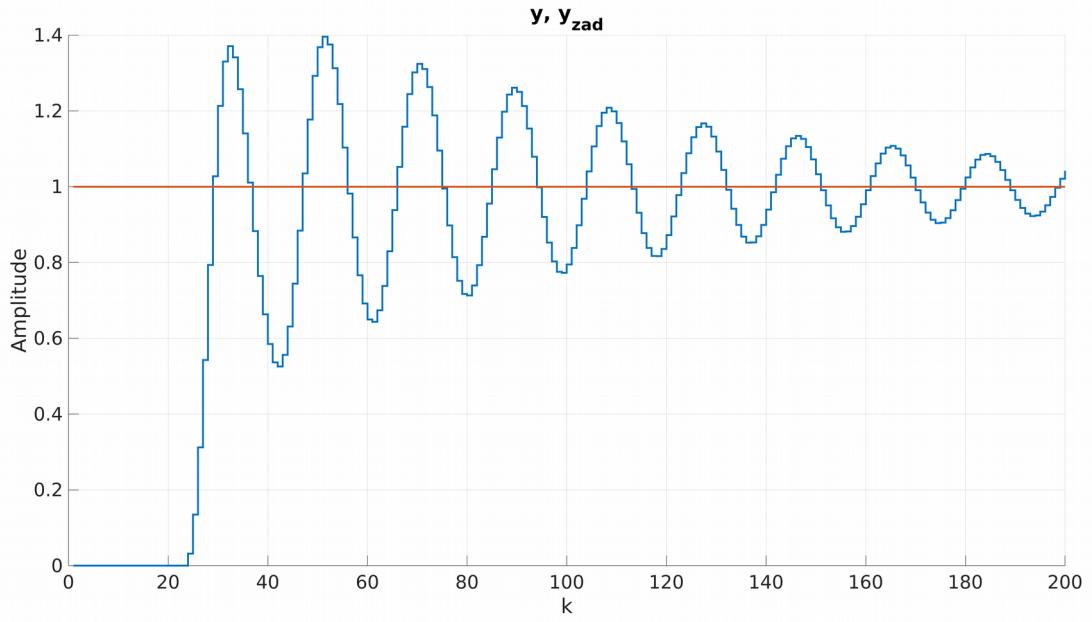
Ilustracja 11: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=18$



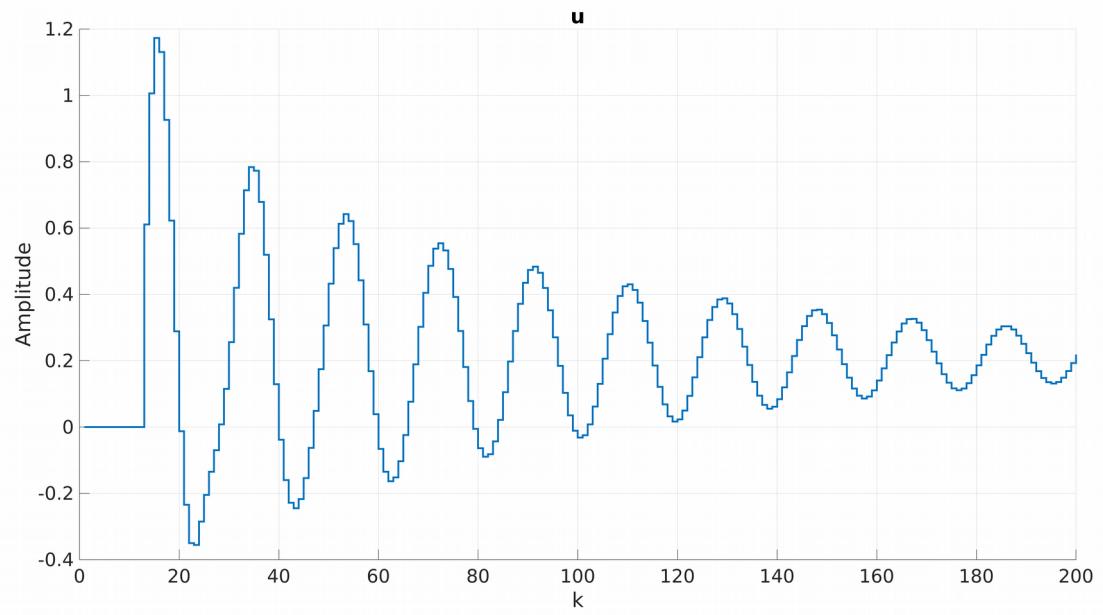
Ilustracja 12: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=16$



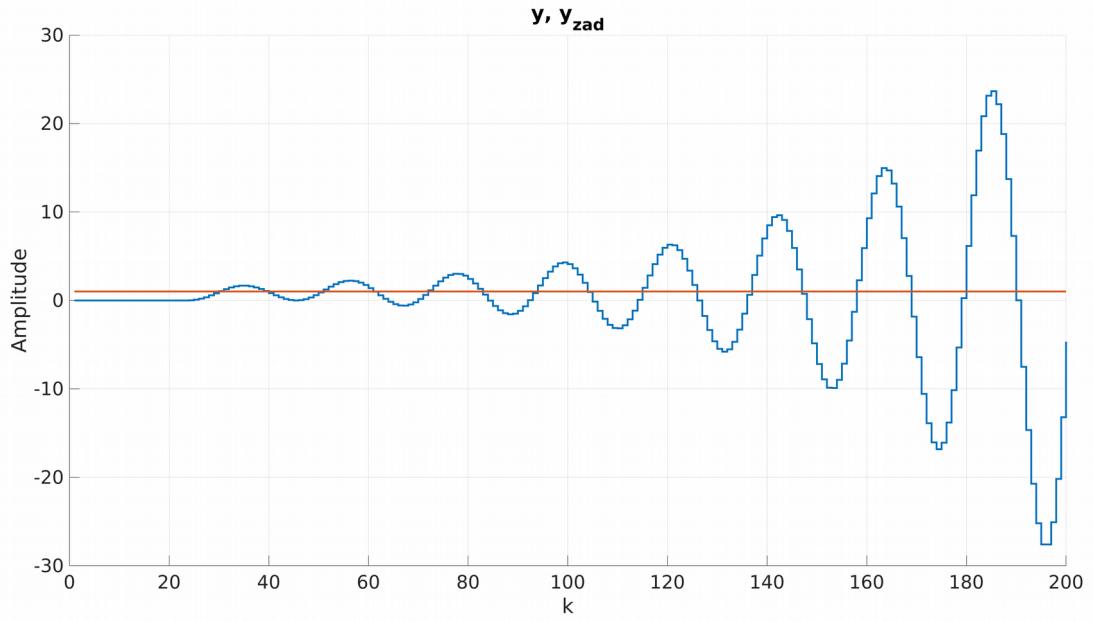
Ilustracja 13: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=16$



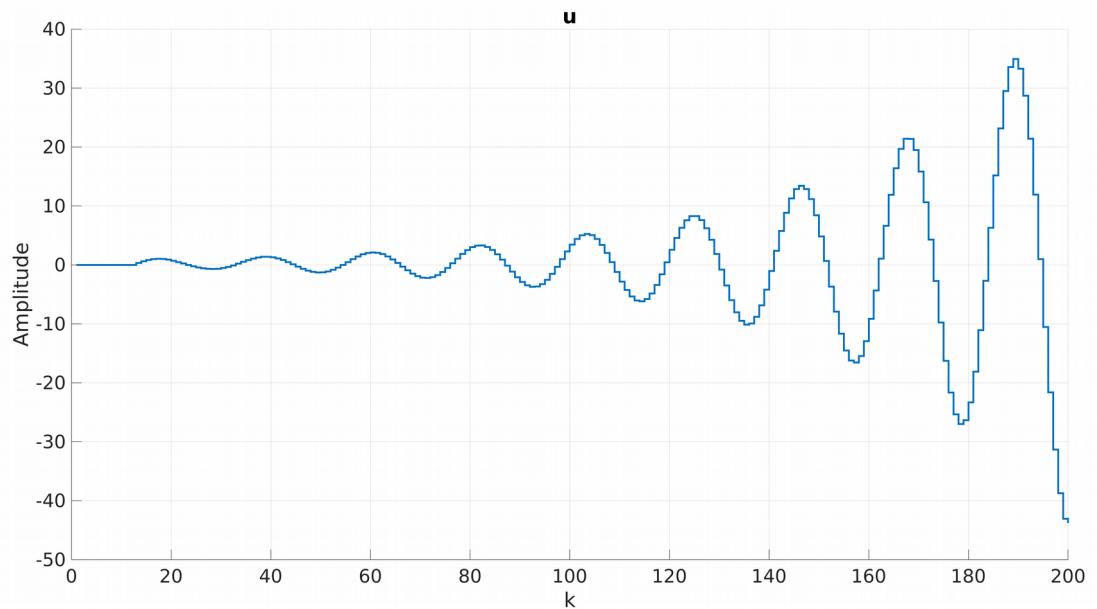
Ilustracja 14: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=15$



Ilustracja 15: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=15$



Ilustracja 16: Odpowiedź skokowa obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=14$



Ilustracja 17: Sterowanie obiektu z regulatorem DMC o parametrach $N_u=N=14$