

STP

Projekt 2 zadanie 23

Kacper Marchlewicz

1. Transmitancja dyskretna

Na podstawie podanej transmitancji ciągłej:

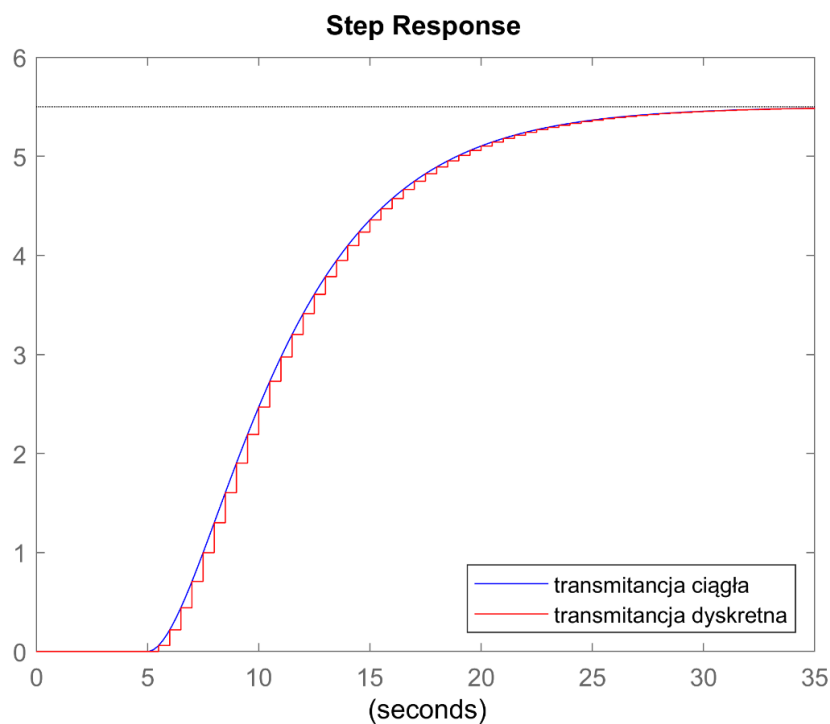
$$G(s) = \frac{5,5e^{-5s}}{10,1s^2 + 6,79s + 1}$$

Na podstawie podanego czasu próbkowania (0,5) ilość okresów próbkowania wyniesie 10

Korzystając z komendy c2d (podałem metodę 'zoh') obliczyłem transmitancję dyskretną:

$$G(z) = \frac{0,06093z^{-11} + 0,05447z^{-12}}{1 - 1,693z^{-1} + 0,7145z^{-2}}$$

Porównanie odpowiedzi skokowej:



Porównanie wzmocnienia statycznego:

Transmitancja ciągła:

$$K_{stat} = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) = \frac{5,5}{1} = 5,5$$

Transmitancja dyskretna:

$$K_{stat} = \lim_{z \rightarrow 1} G(z) = \frac{0,06093 + 0,05447}{1 - 1,693 + 0,7145} = 5,37$$

Wzmocnienia statyczne niestety się różnią, lecz zaledwie o 2%, więc wzmocnienie transmitancji dyskretnej można przybliżyć do 5,5. Prawdopodobnie Matlab zaokrąglił liczby.

Odpowiedzi skokowe są prawie identyczne, widać dodatkowe opóźnienie dla dyskretnej transmitancji. Jest to normalne, a dla podanego czasu próbkowania jest na tyle małe, że nie trzeba się nim przejmować.

2. Równanie różnicowe

Korzystając z zależności:

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{0,06093z^{-11} + 0,05447z^{-12}}{1 - 1,693z^{-1} + 0,7145z^{-2}}$$

Wymnażając na krzyż:

$$Y(z)(1 - 1,693z^{-1} + 0,7145z^{-2}) = U(z)(0,06093z^{-11} + 0,05447z^{-12})$$

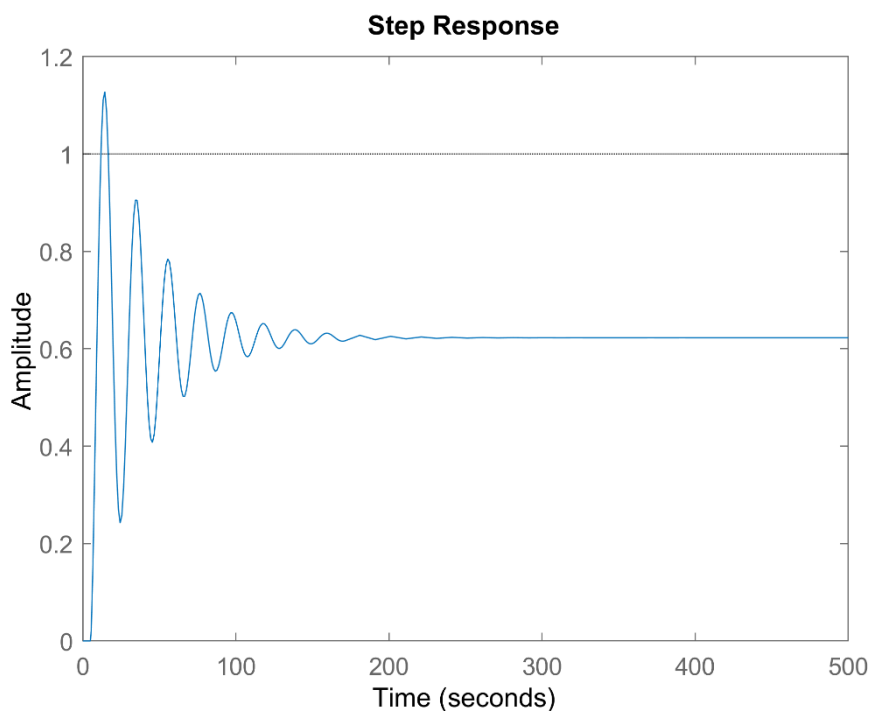
Stosując odwrotną transformatę Z i przenosząc na odpowiednią stronę:

$$y(k) = 0,06093u(k - 11) + 0,05447u(k - 12) + 1,693y(k - 1) - 0,7145y(k - 2)$$

3. Parametry regulatora PID

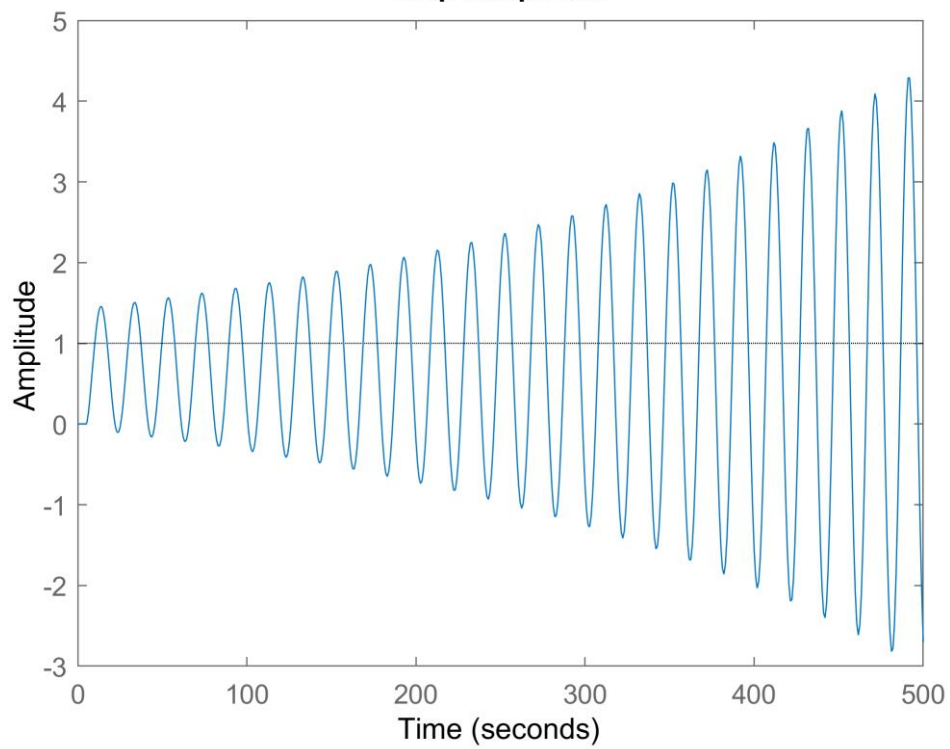
Zgodnie z metodą Zieglera–Nicholsa korzystam z regulatora PID z wyłącznie członem proporcjonalnym. Rozpocząłem od niewielkiego K_k i odpowiednio zmniejszałem a następnie zwiększałem do momentu otrzymania niegasnących oscylacji wyjścia obiektu.

$$K_k = 0,3$$



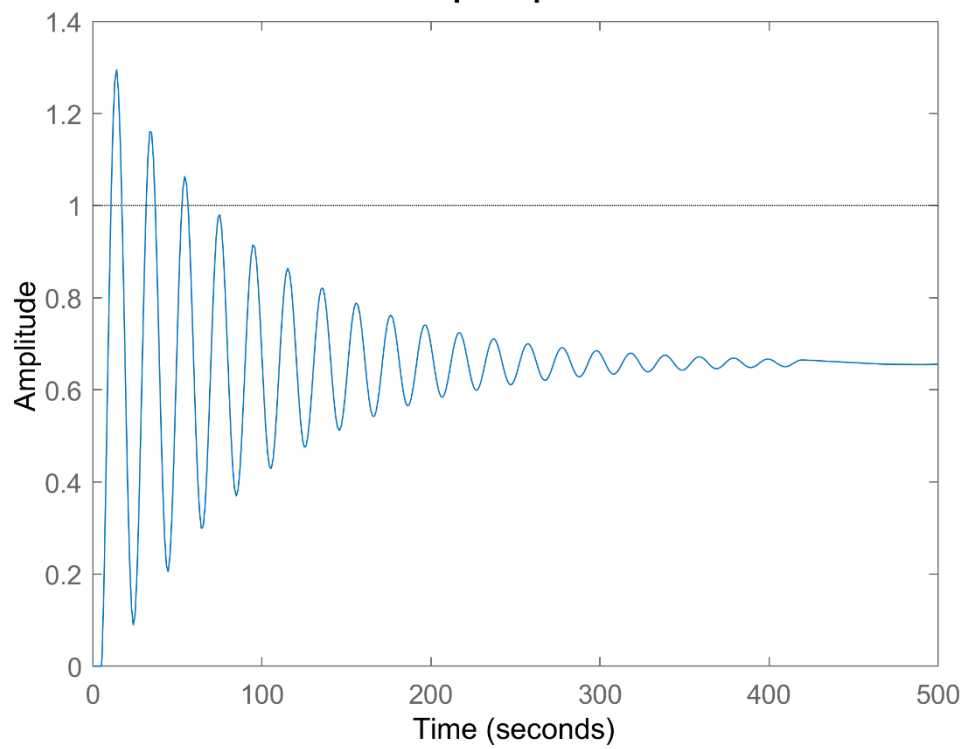
$$K_k = 0,4$$

Step Response



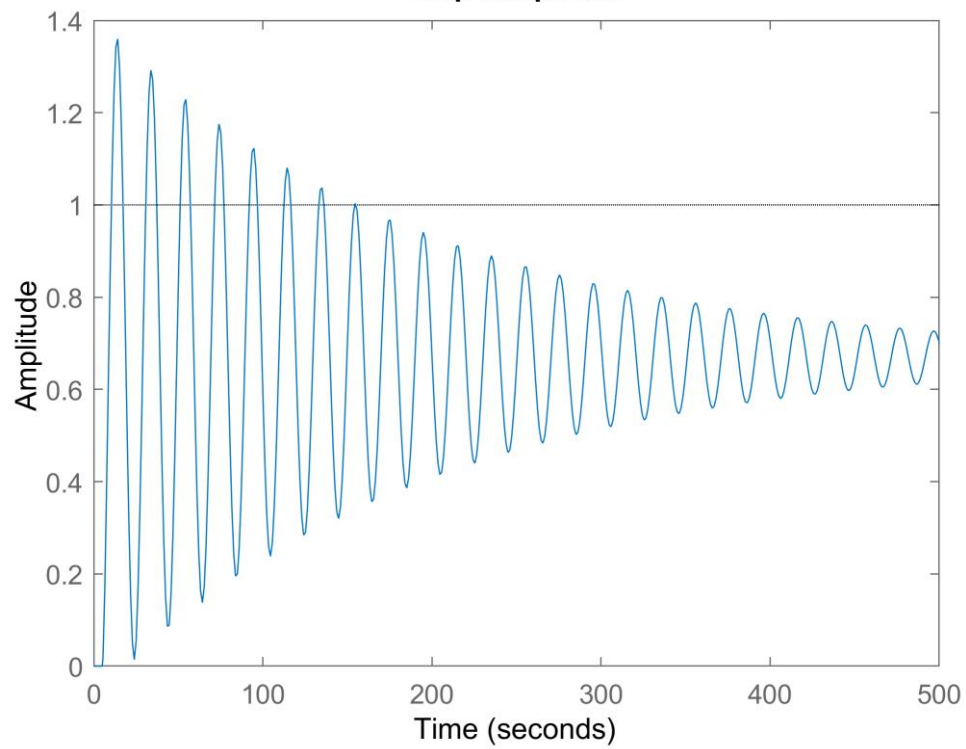
$$K_k = 0,35$$

Step Response



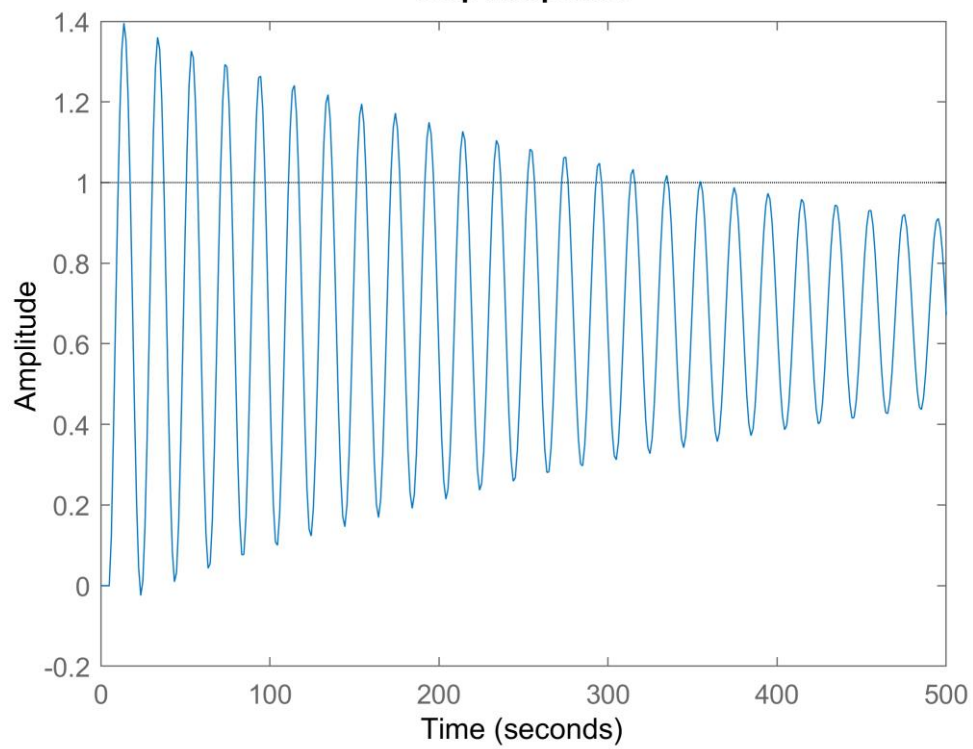
$$K_k = 0,37$$

Step Response

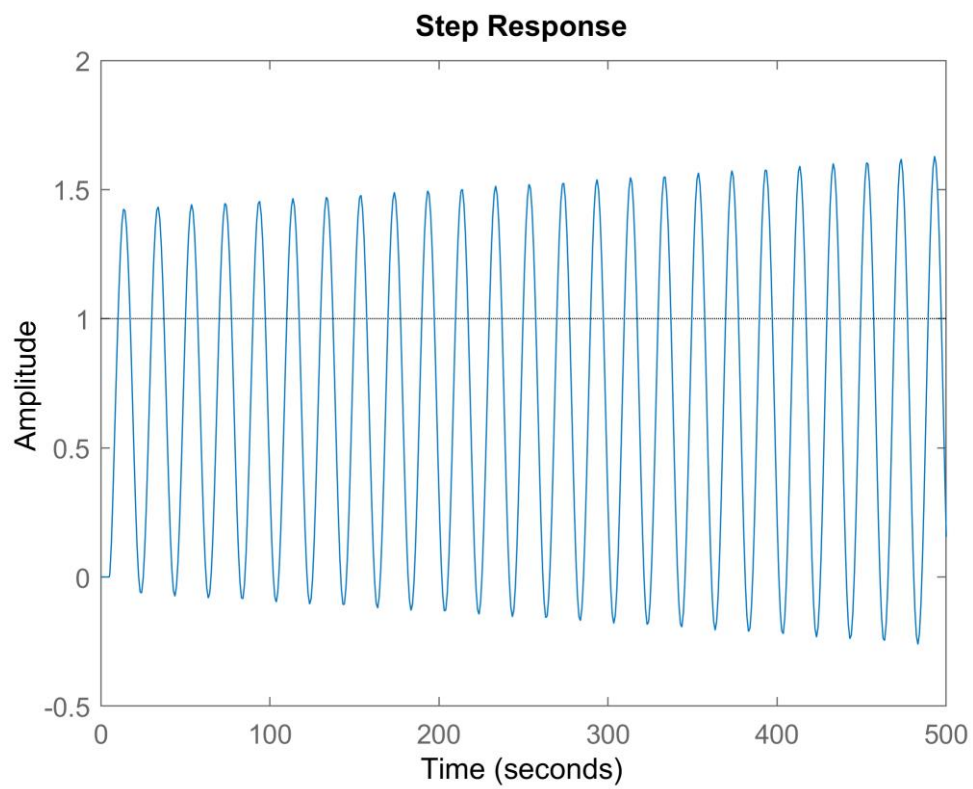


$$K_k = 0,38$$

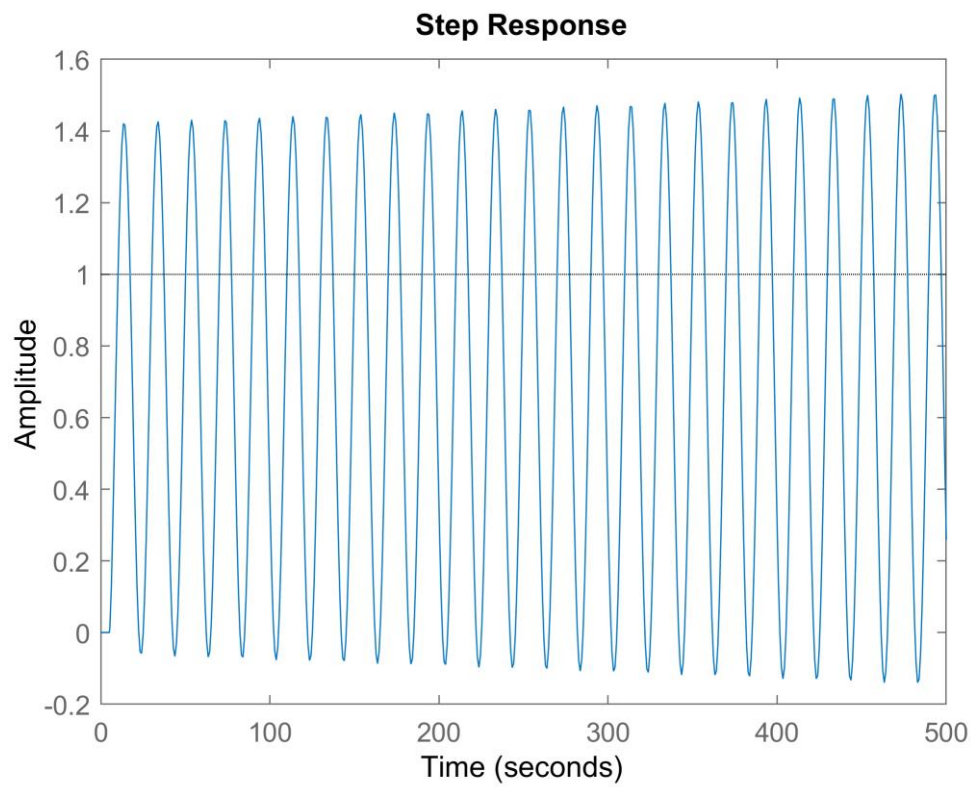
Step Response



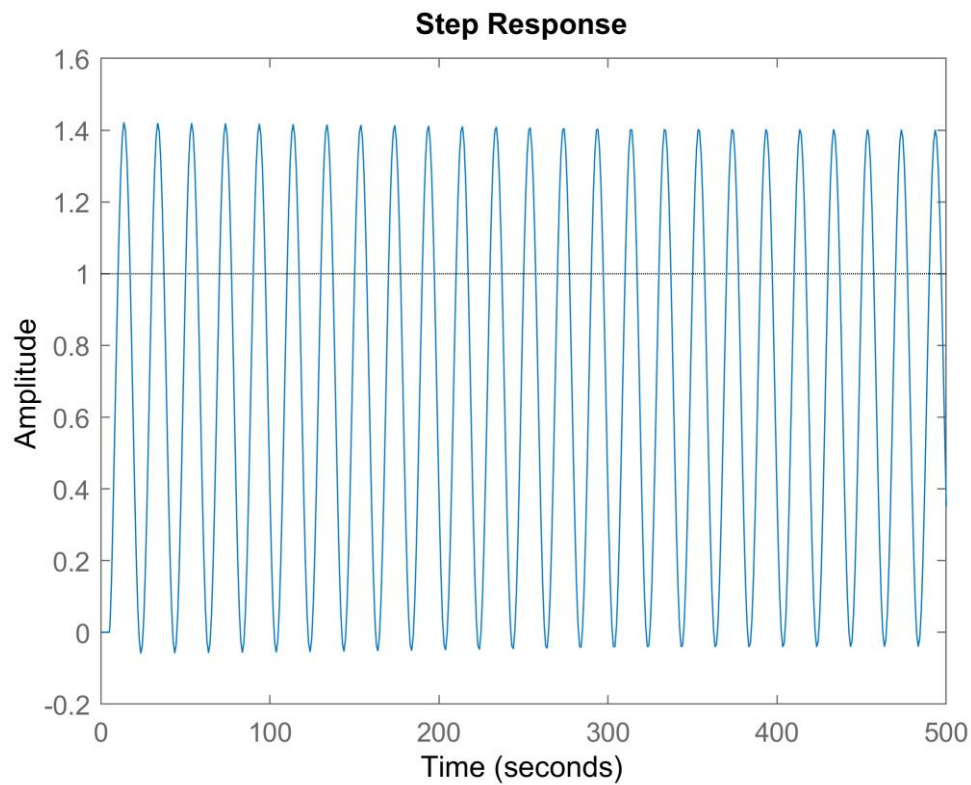
$$K_k = 0,39$$



$$K_k = 0,389$$



$$K_k = 0,388$$



Wyznaczone K_k wynosi 0,388. T_k wynosi 20 sekund.

Parametry ciągłego regulatora PID:

$$K_r = 0,6K_k = 0,2328$$

$$T_i = 0,5T_k = 10$$

$$T_d = 0,12T_k = 2,4$$

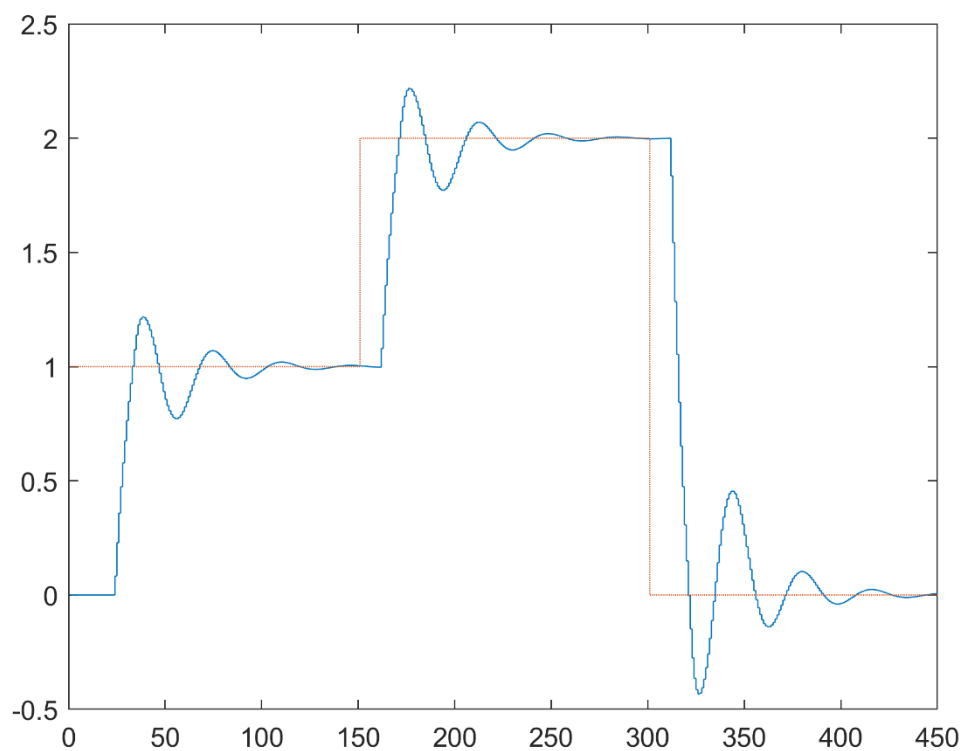
Parametry regulatora dyskretnego:

$$r_0 = K_r \left(1 + \frac{T}{2T_i} + \frac{T_d}{T} \right) = 1,3561$$

$$r_1 = K_r \left(\frac{T}{2T_i} - 2\frac{T_d}{T} - 1 \right) = -2,4619$$

$$r_2 = K_r \frac{T_d}{T} = 1,1174$$

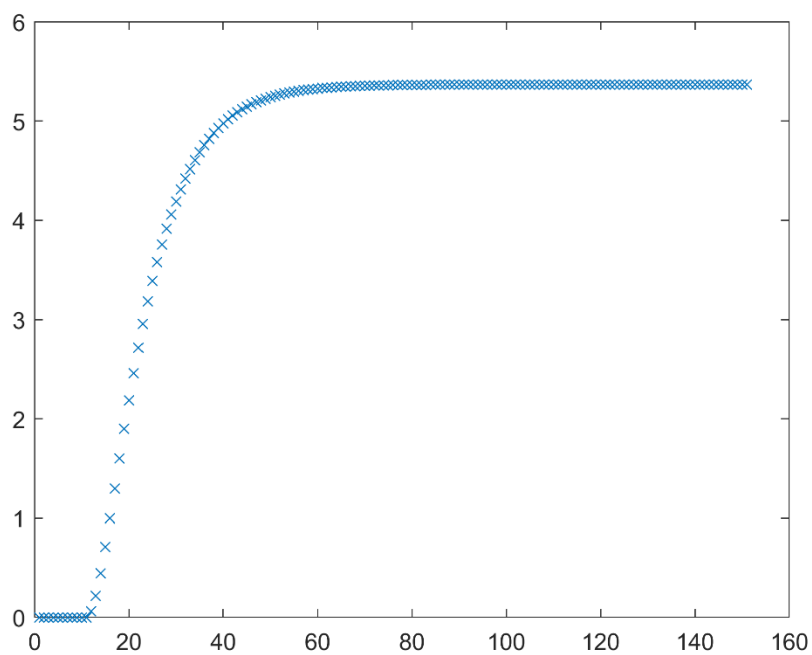
Działanie regulatora:



Widać, że regulator działa poprawnie, więc zakładam poprawność wyznaczonych parametrów.

4. DMC i PID

Odpowiedź skokowa obiektu:



Widać, że około chwili 90 mamy pewną stabilizację wartości.

Na podstawie skryptu i informacji napisałem program do symulacji PID i DMC w Matlab (pliki PID.m i DMC.m).

PID:

Po podaniu wartości K_k , i T_k obliczane są K_r , T_i , T_d . Następnie na ich podstawie wyliczane są następne parametry PID. W głównej pętli znajduje się symulacja obiektu wraz z uchybem i sygnałem sterującym

DMC:

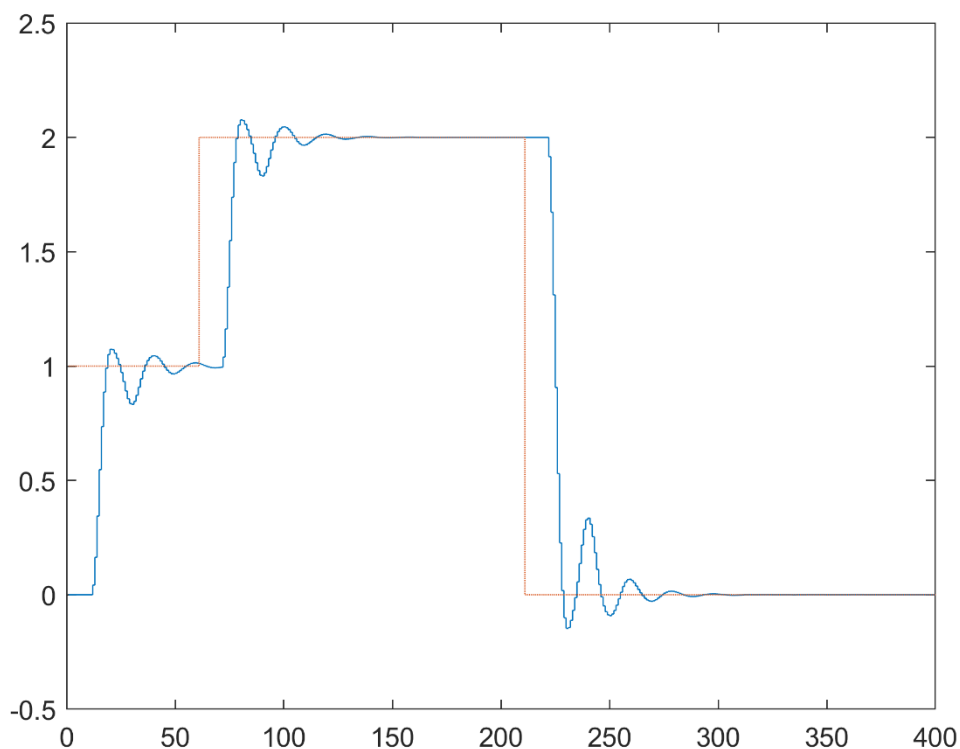
Po podaniu wartości N , N_d , D i Λ obliczane są macierze M , Λ , K , M^P . Następnie symulowany jest obiekt, gdzie obliczane są $\Delta U^P(k)$, $Y^0(k)$, $\Delta U(k)$ i $u(k)$.

5. Dobór parametrów DMC

W celu sprawdzenia działania regulatora ustawiłem wartości:

$$N = N_u = D = 90 \text{ i } \Lambda = 1$$

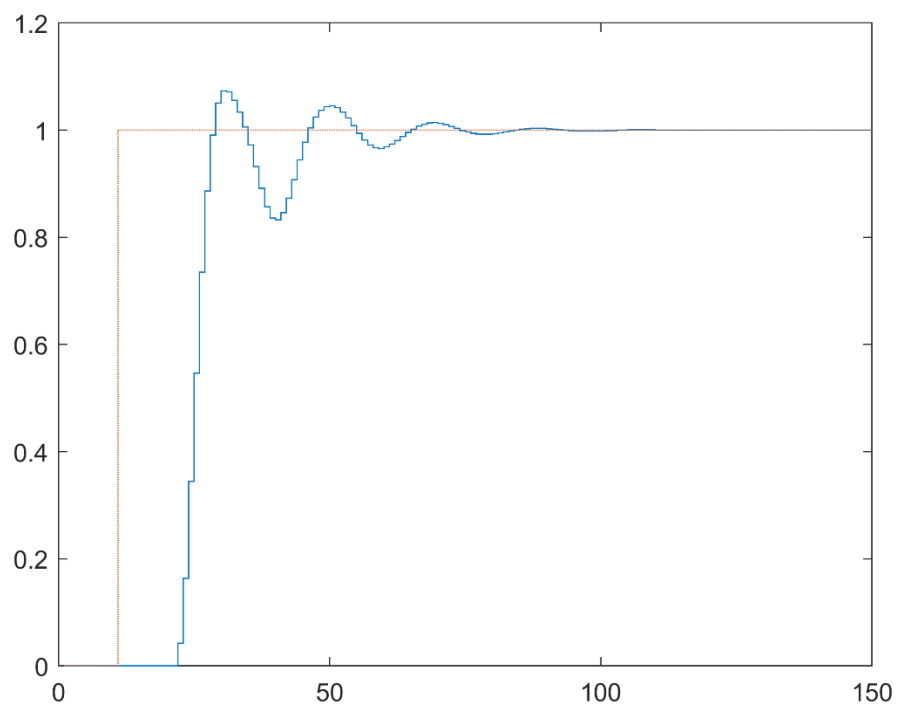
Otrzymałem następujący przebieg:



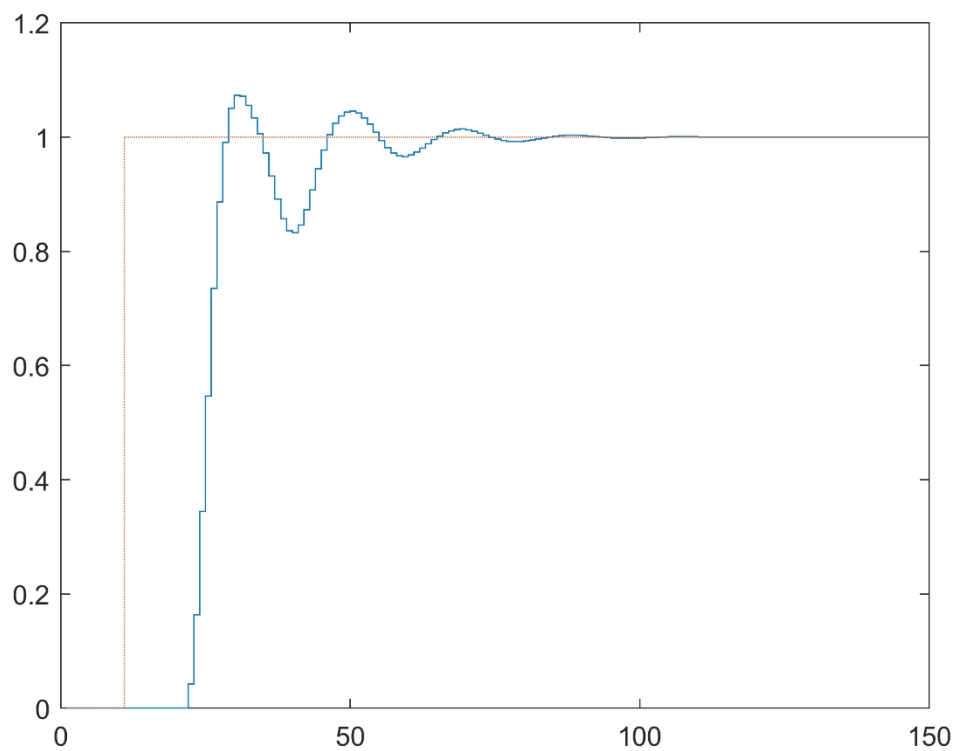
Regulator działa poprawnie, więc mogę przejść do dokładniejszego strojenia.

Zgodnie z poleceniem stopniowo skracam horyzont predykcji i jego docelową długość.

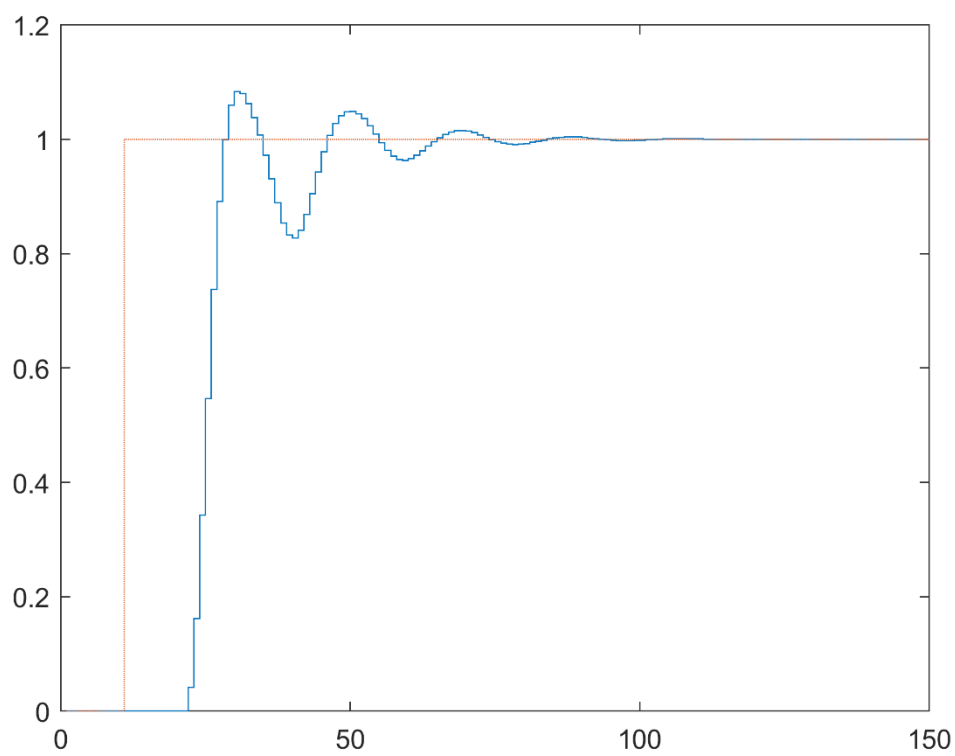
$N = N_u = 70$:



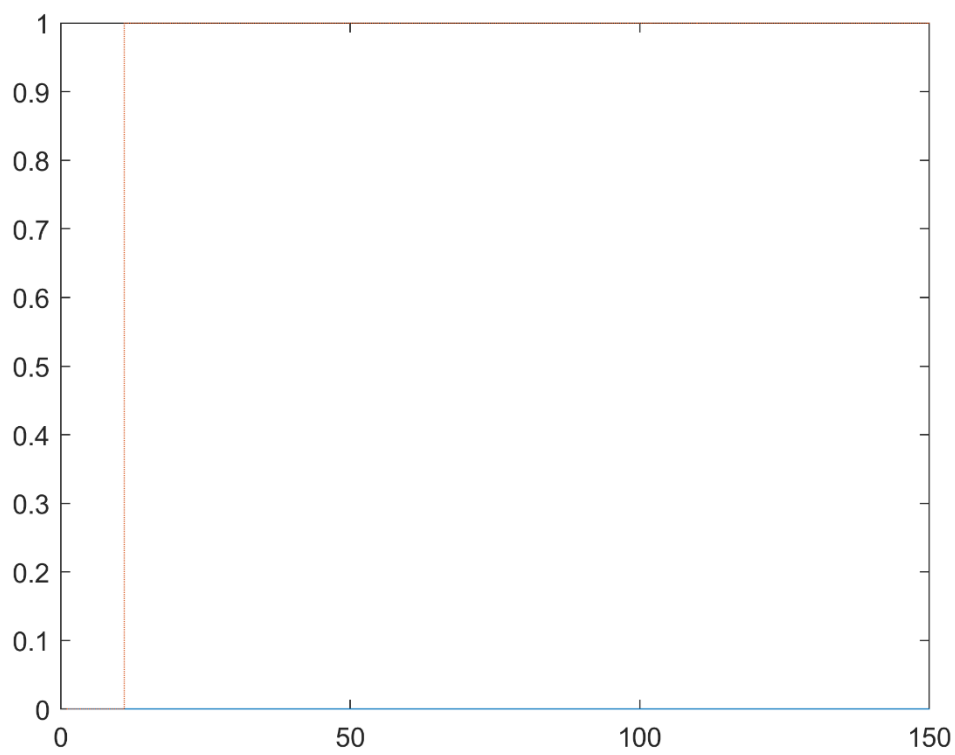
$N = N_u = 40$:



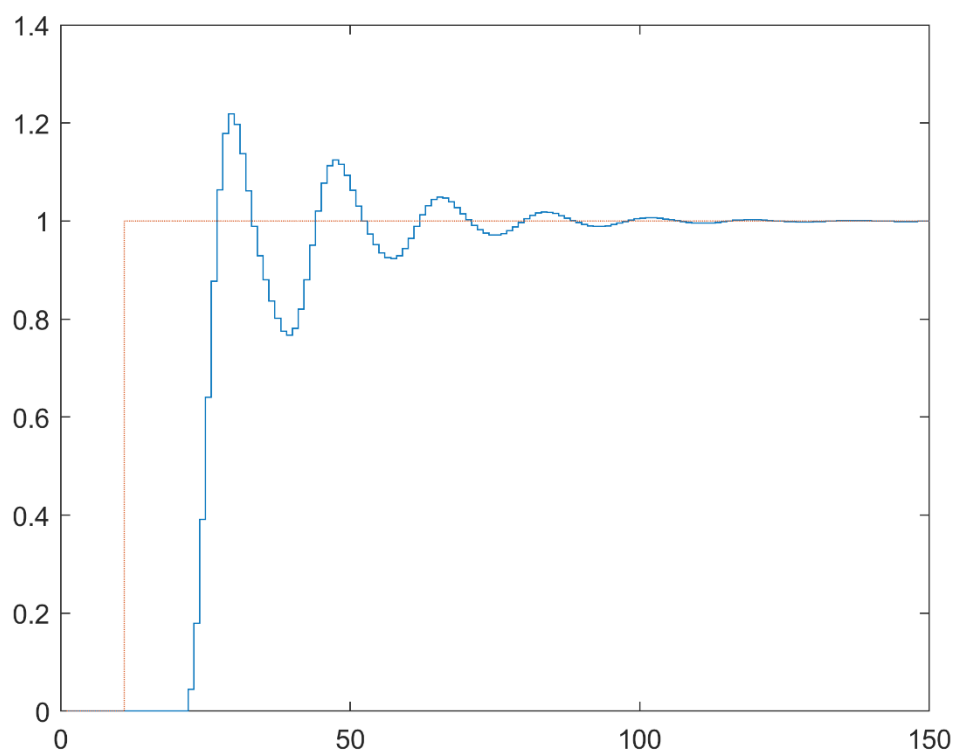
$N = N_u = 20$:



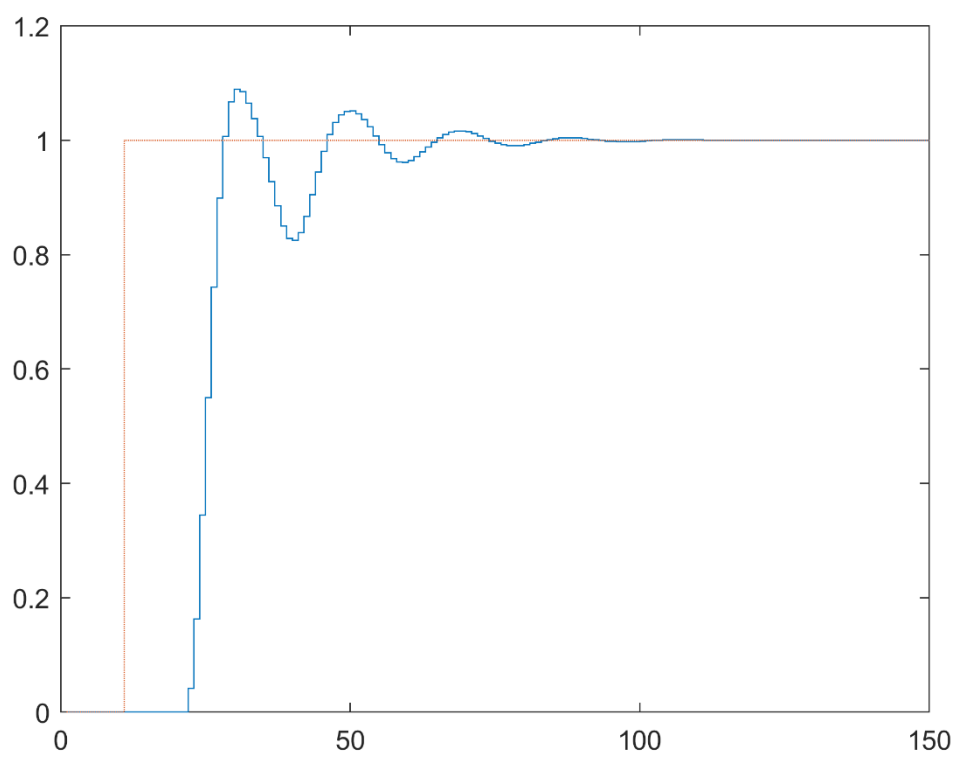
$N = N_u = 10$:



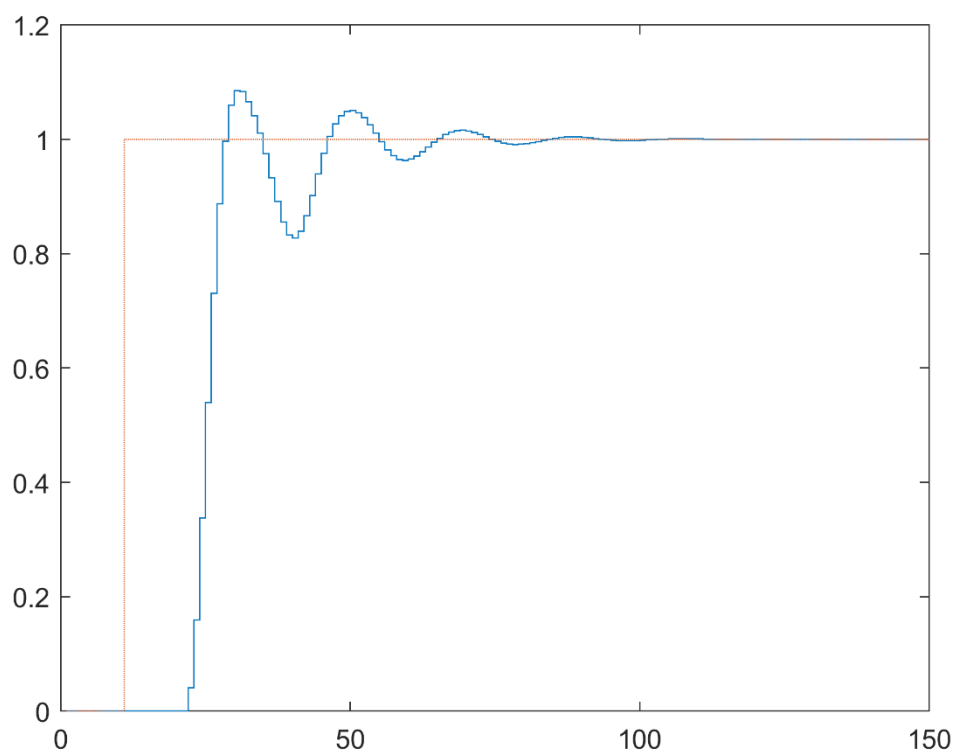
$N = N_u = 15$:



$N = N_u = 17$:



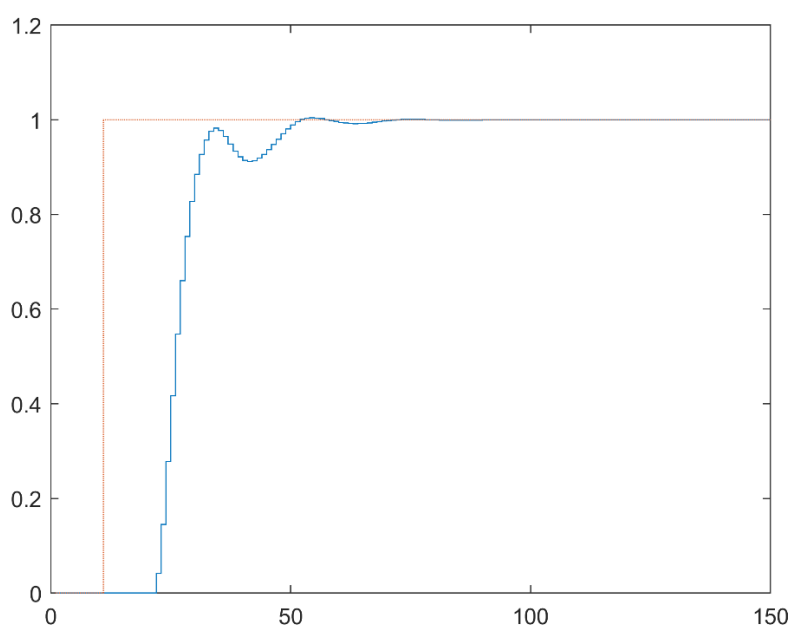
$$N = N_u = 19:$$



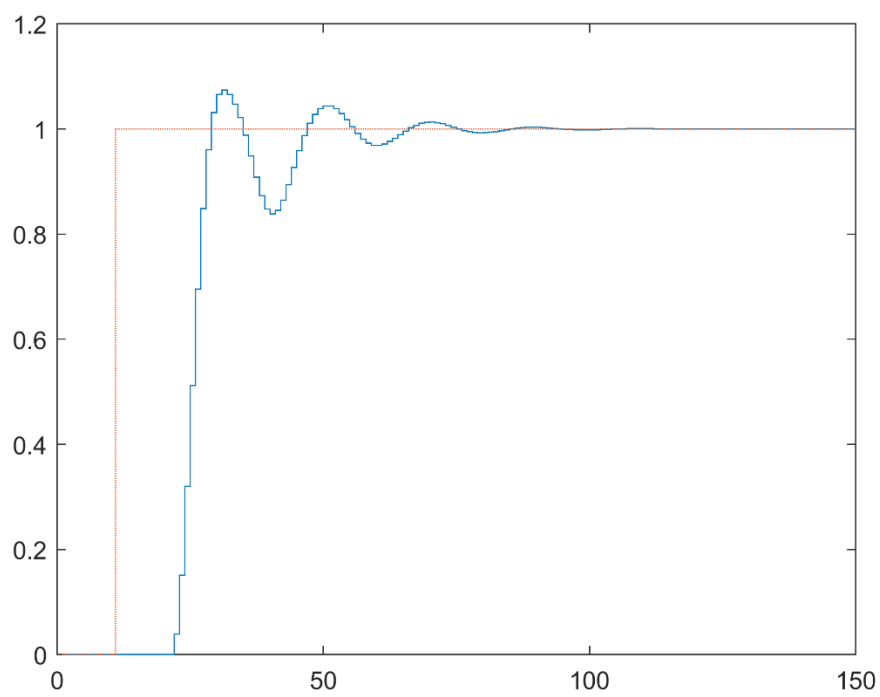
Zdecydowałem się na wartość $N = 19$, gdyż wygląda na to, że dla tej wartości regulator pracuje najlepiej.

Następnie koryguję długość horyzontu sterowania:

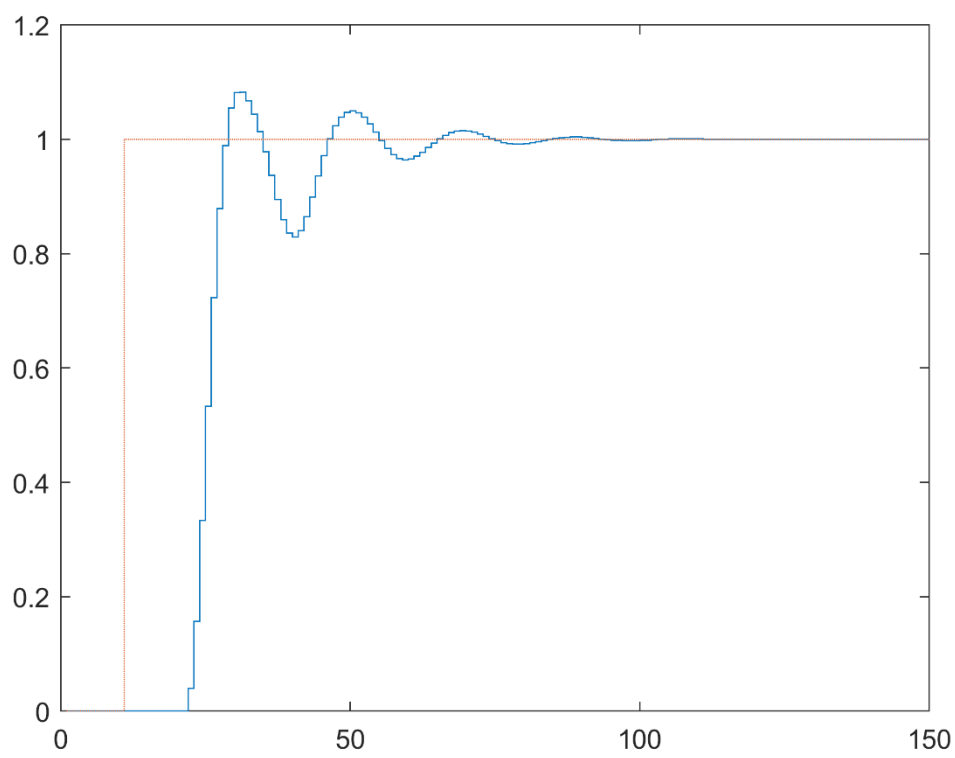
$$N_u = 1:$$



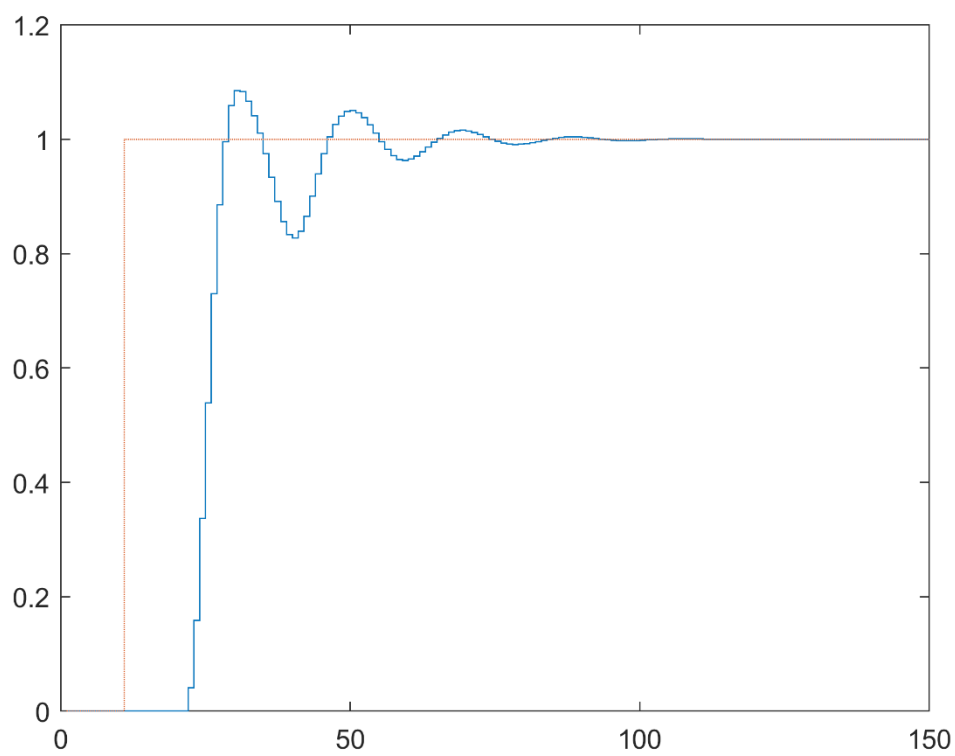
$N_u = 3$:



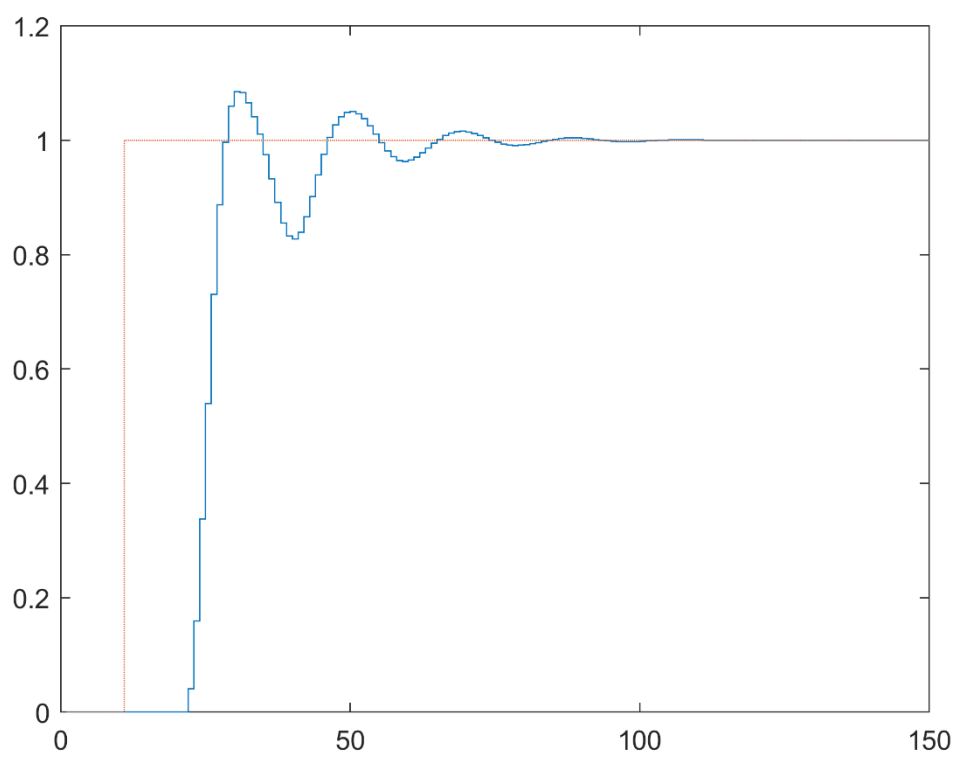
$N_u = 4$:



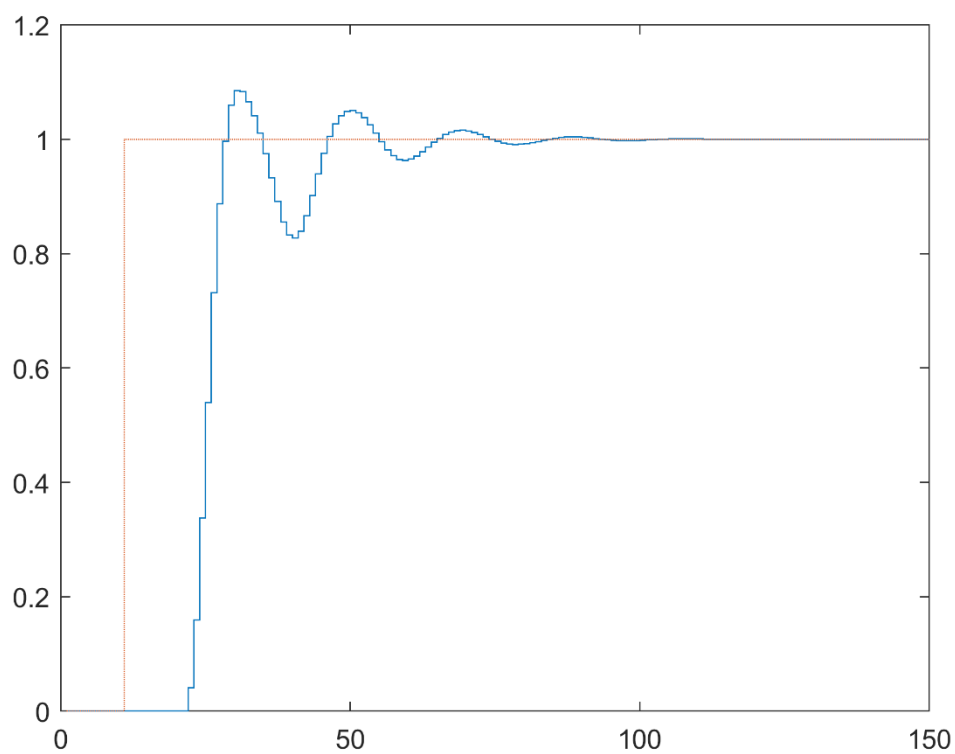
$N_u = 5$:



$N_u = 6$:



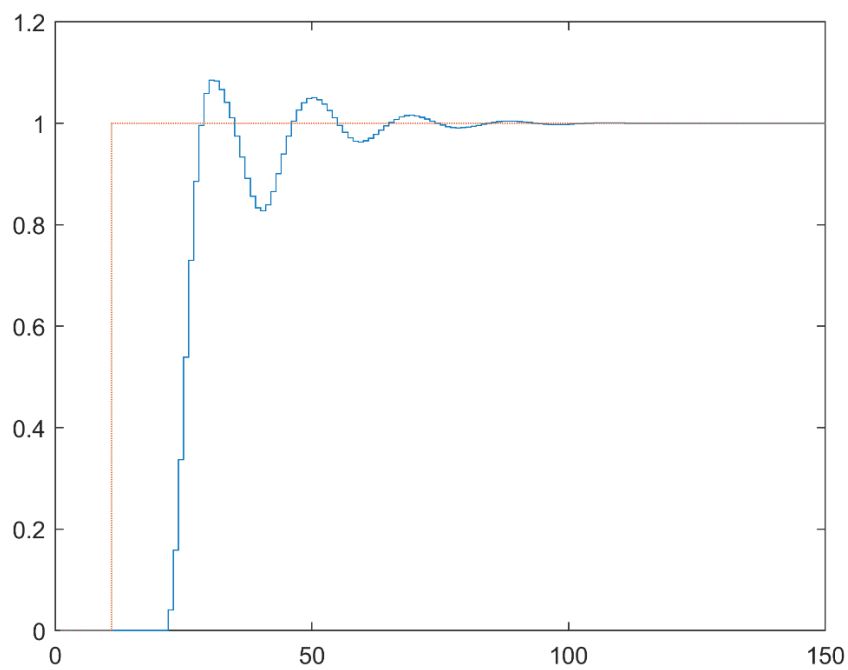
$N_u = 7$:

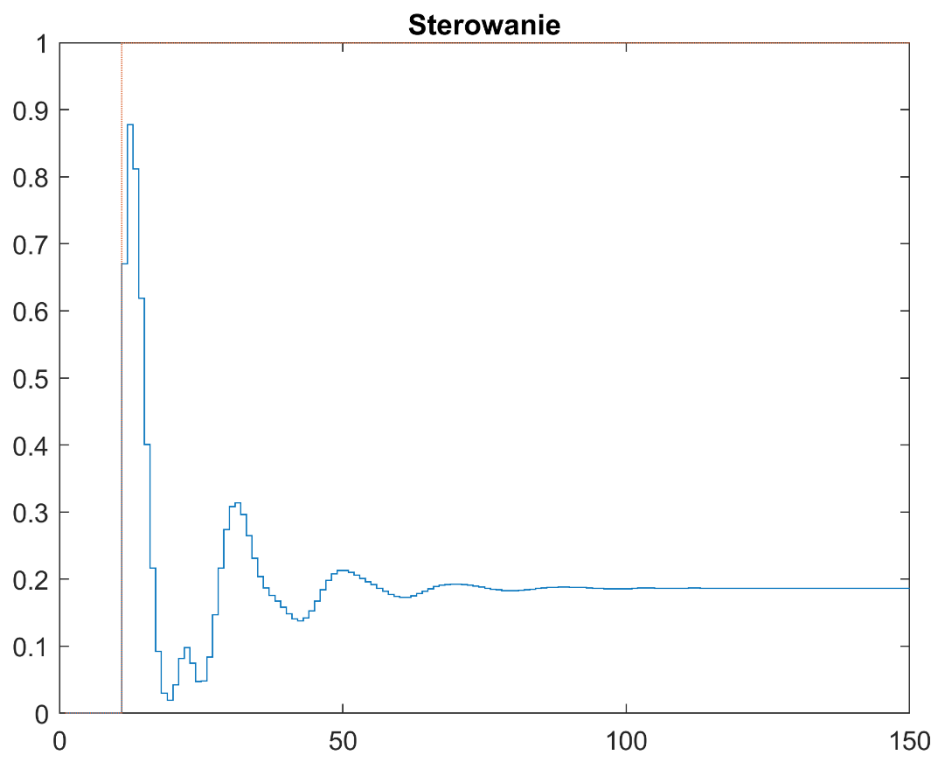


Od wartości 5 wykresy wyglądają praktycznie identycznie, więc wybrałem $N_u = 5$.

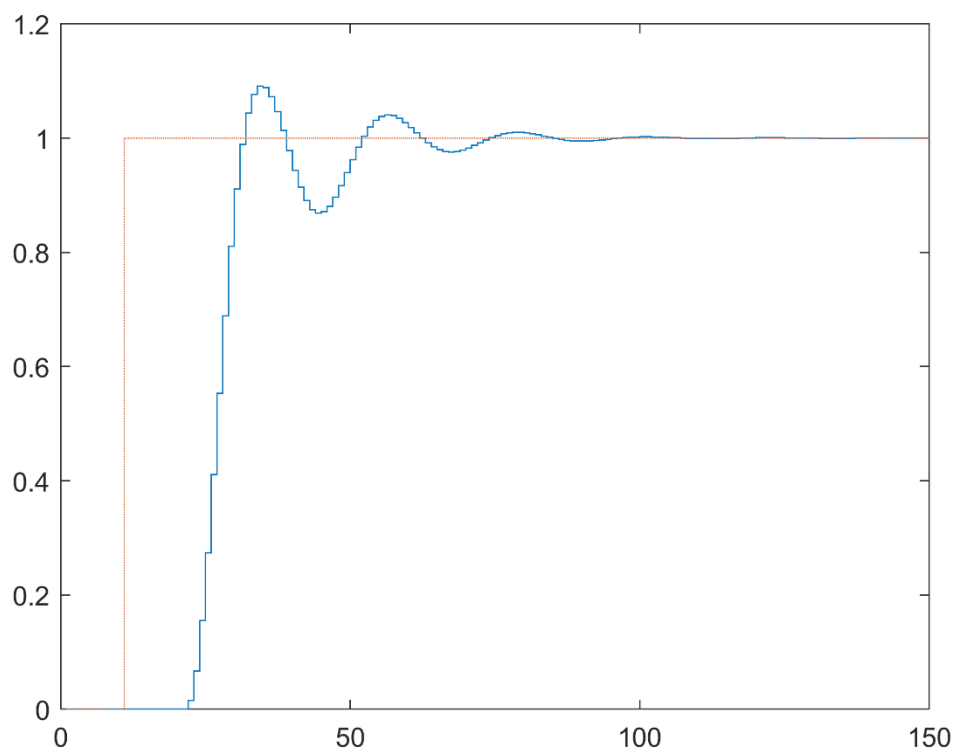
Na koniec dobieram współczynnik λ :

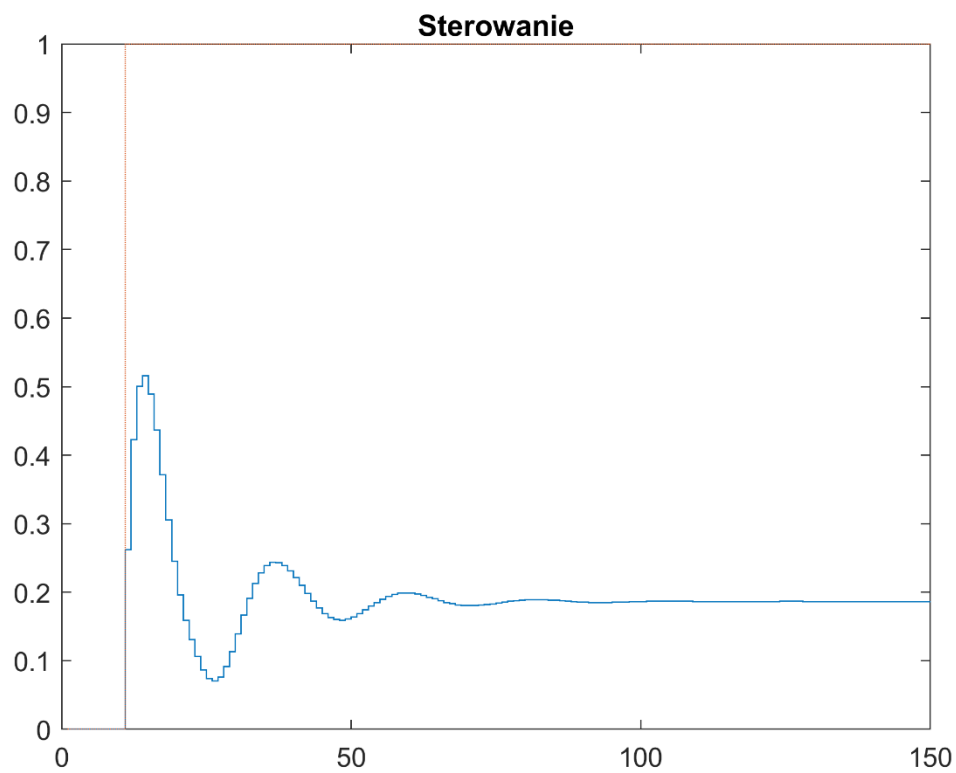
$\lambda = 1$:



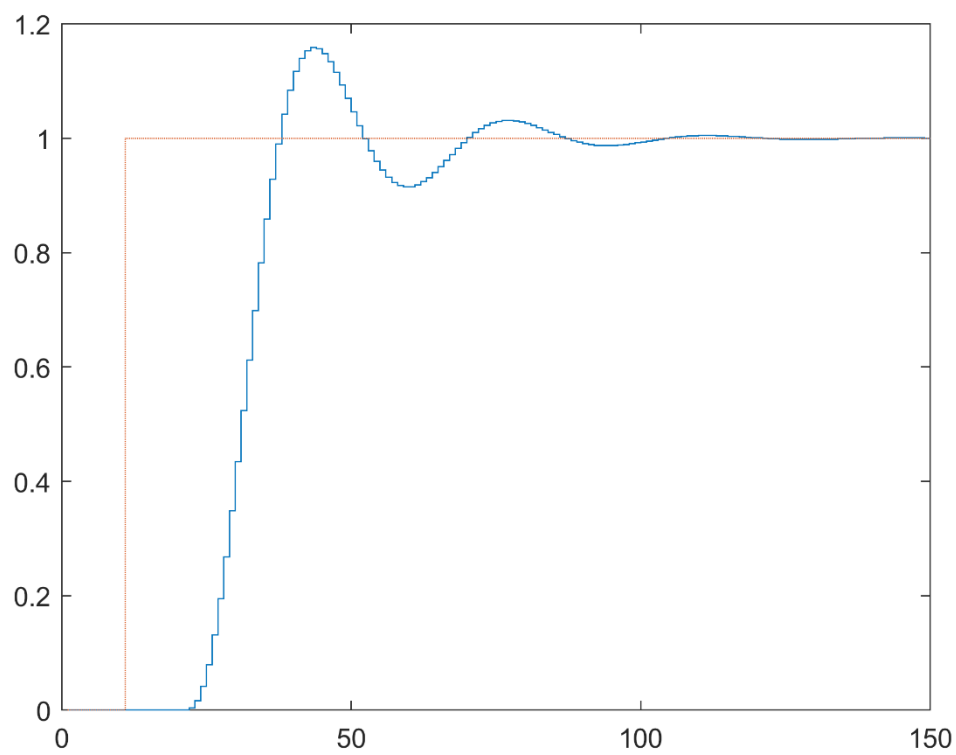


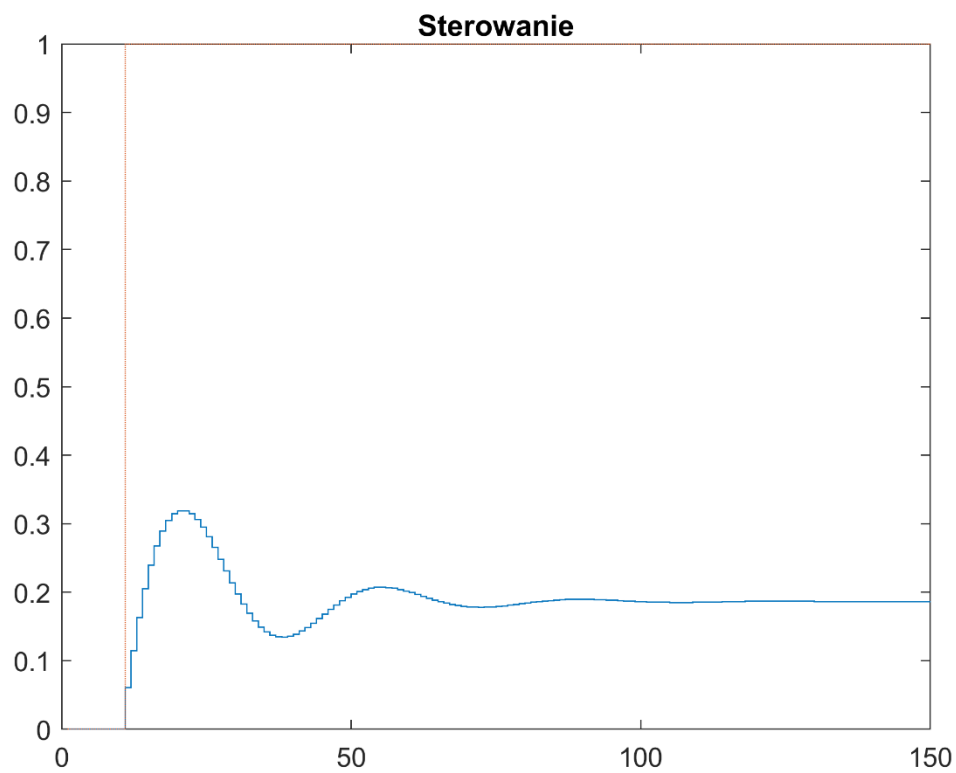
$\lambda = 10$:



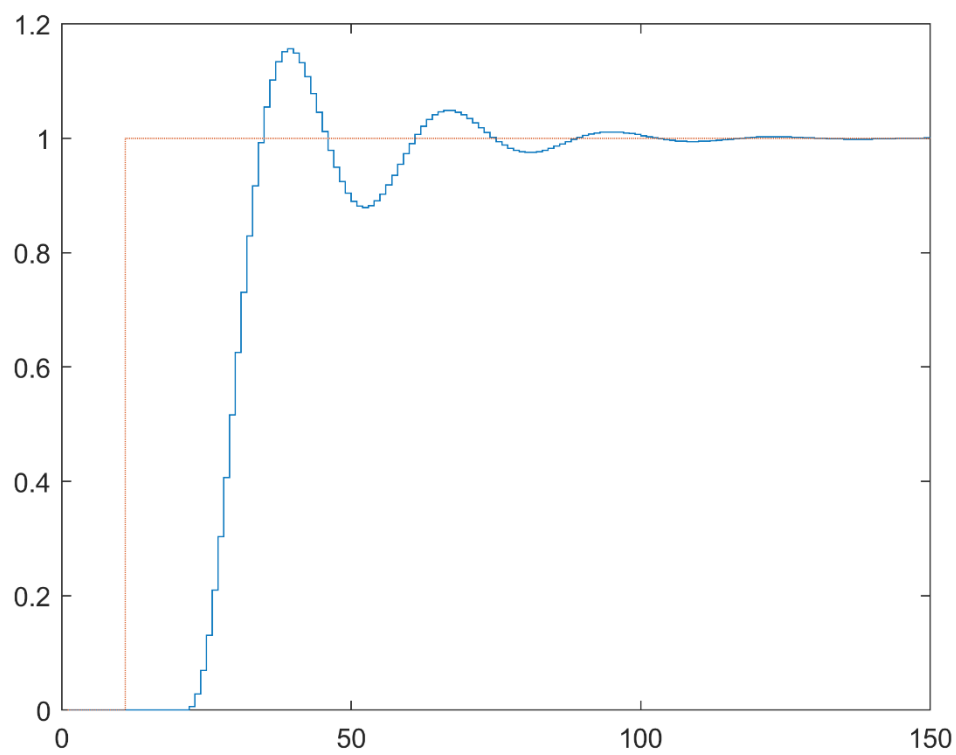


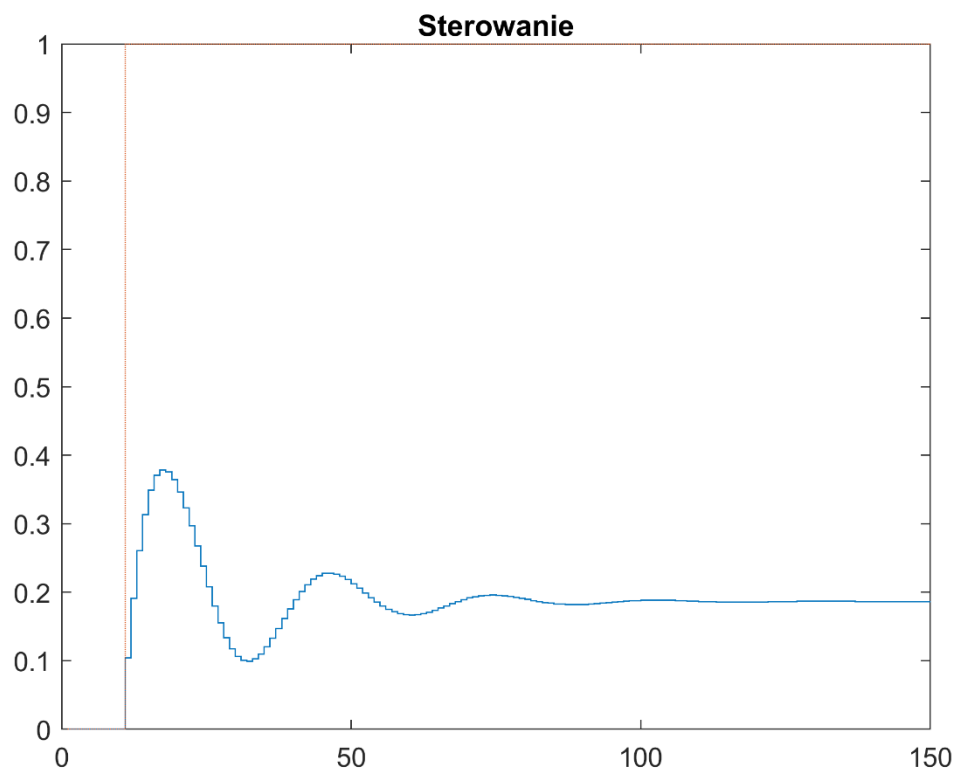
$\lambda = 100$:



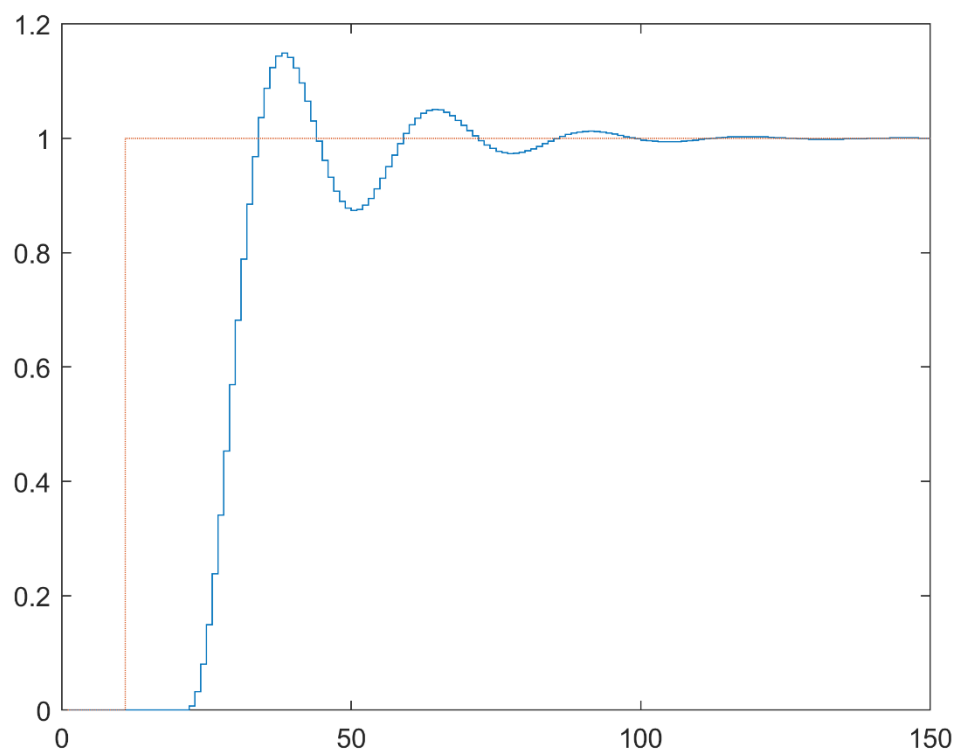


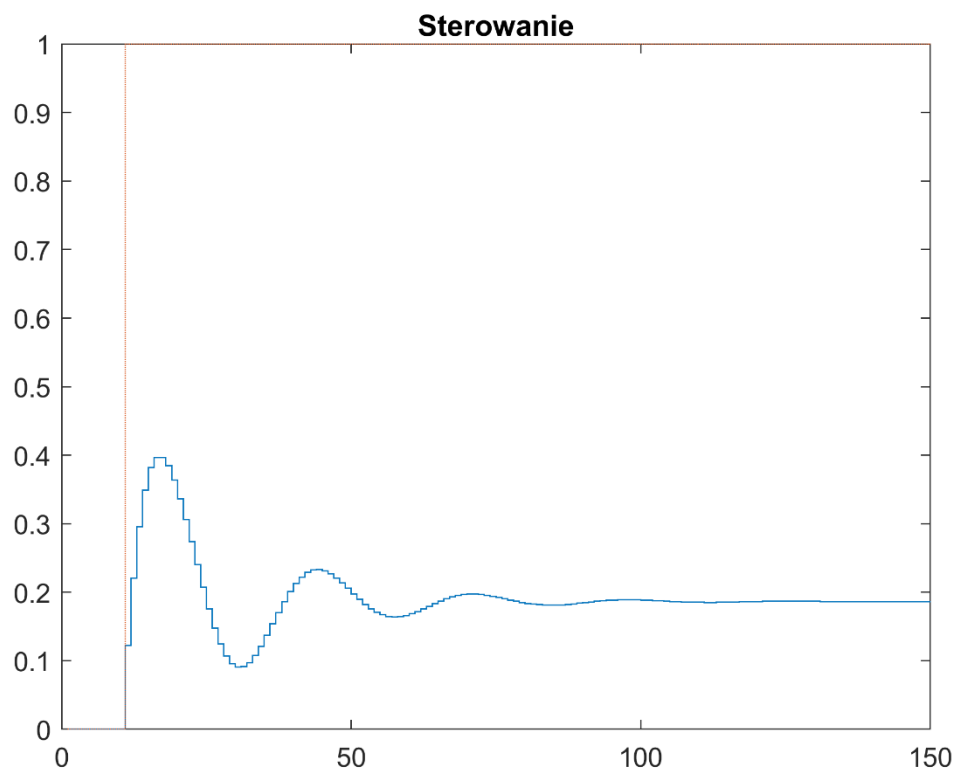
$\lambda = 50$:



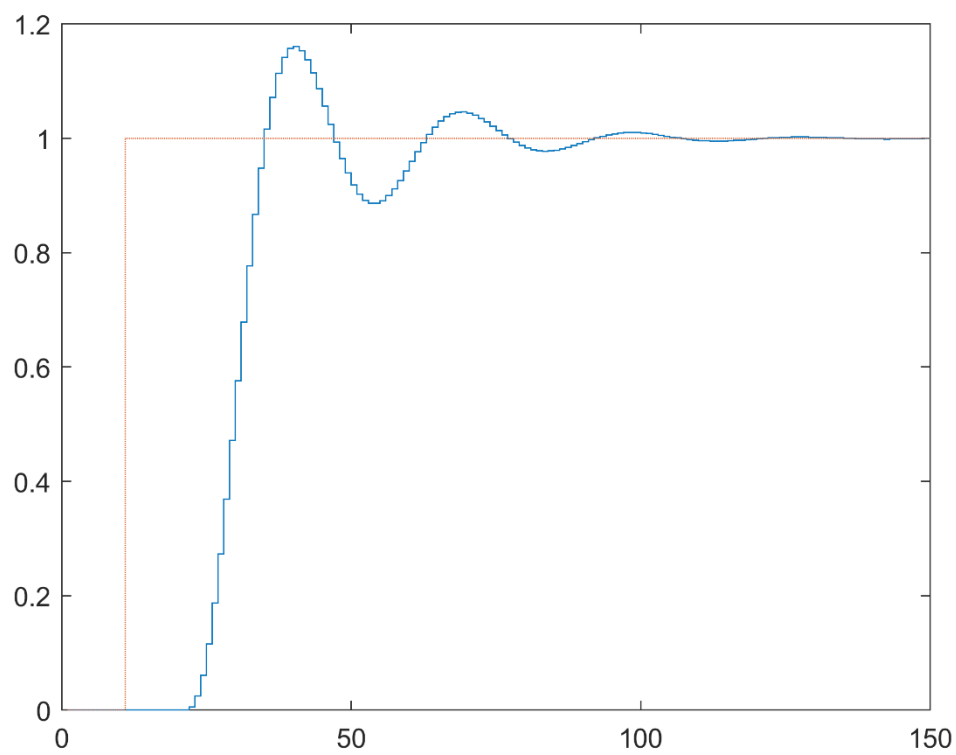


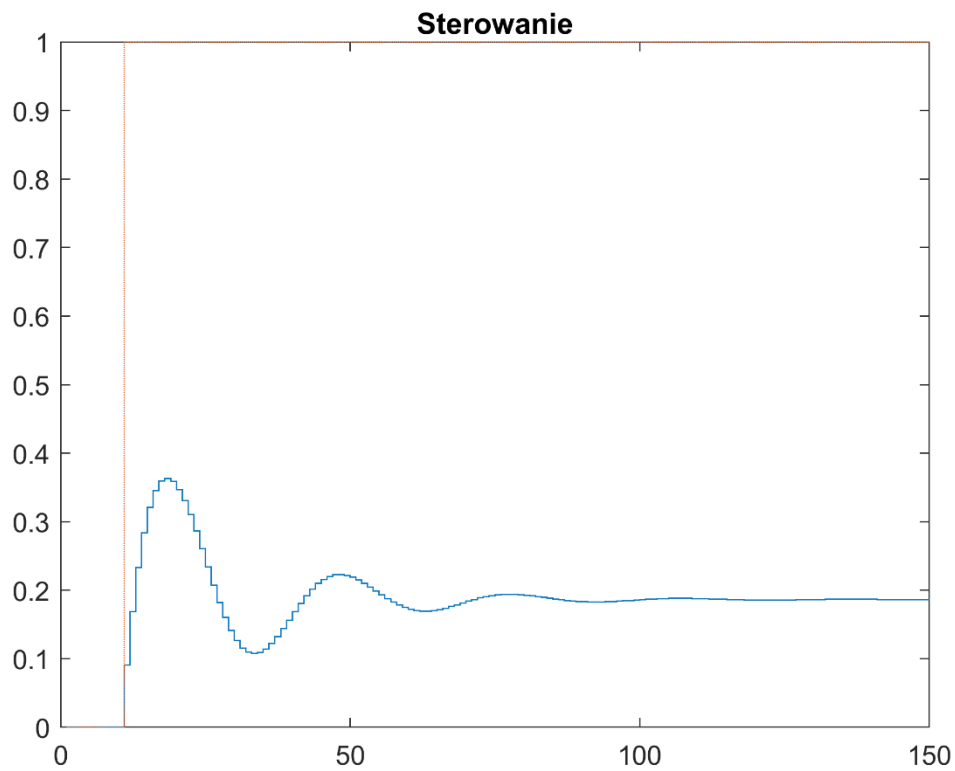
$\lambda = 40:$





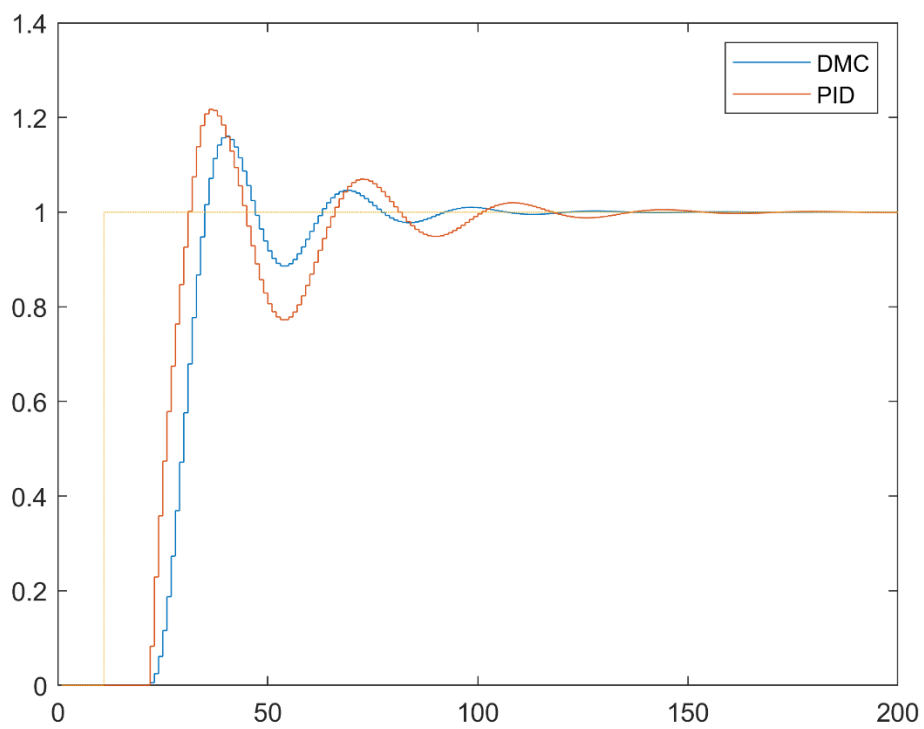
$\lambda = 60$:

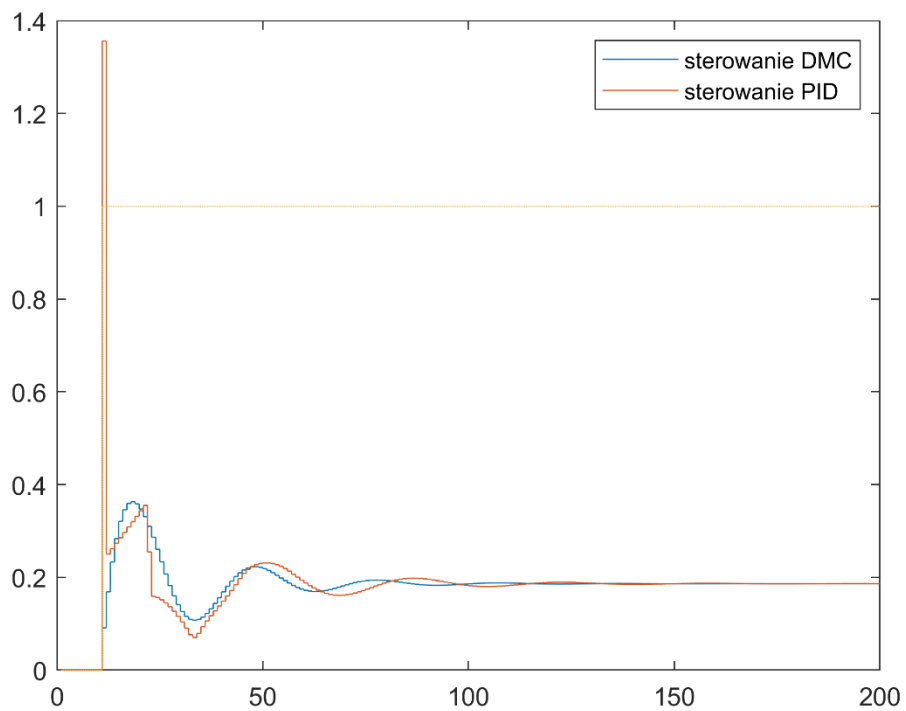




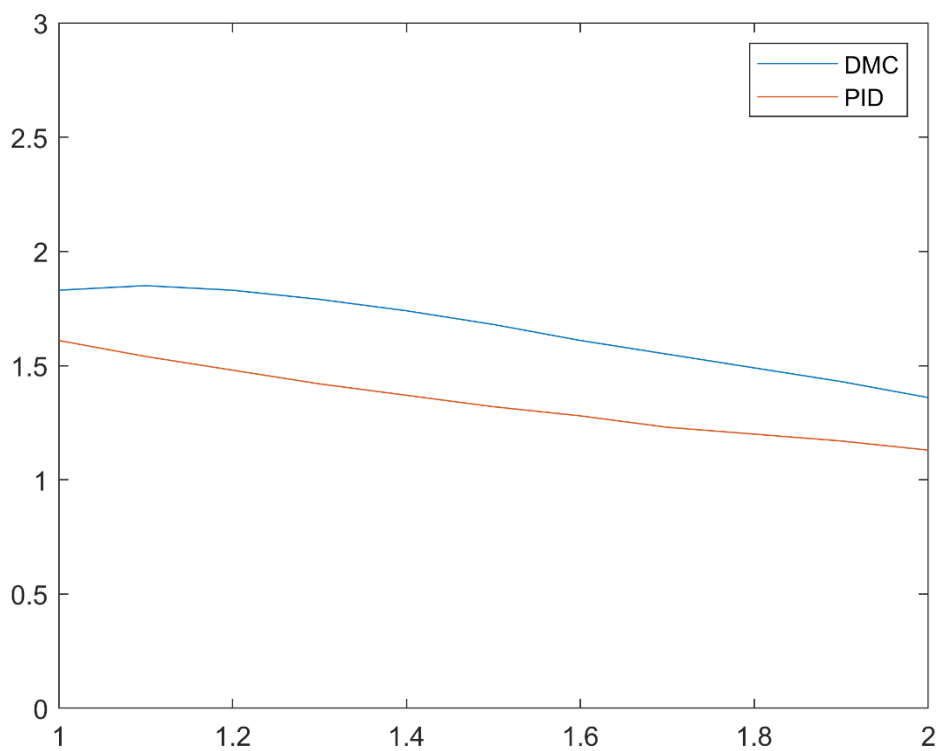
Wybrałem wartość 60, gdyż jej przebiegi wydają się dobrym kompromisem między szybkością regulacji a postacią sygnału sterującego.

6. Porównanie DMC i PID





Obszar stabilności:



Wyjście obu regulatorów stabilizuje się w podobnym czasie. Regulator DMC ma mniejsze oscylacje od PID. Na wykresie sterowania widać znaczną przewagę DMC. Przebieg jest

łagodny z niewielkimi skokami wartości, w przeciwieństwie do PID, gdzie widać gwałtowne skoki na początku.

K_o wyznaczyłem zwiększając wzmocnienie obiektu, do momentu wystąpienia oscylacji niegasnących. Na wykresie stabilności widać, że obszar DMC jest większy od PID. Oznacza to większą odporność regulatora.