

Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska

Projektowanie układów sterowania
(projekt grupowy)

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

Stanislau Stankevich, Rafał Bednarz, Ostrysz Jakub

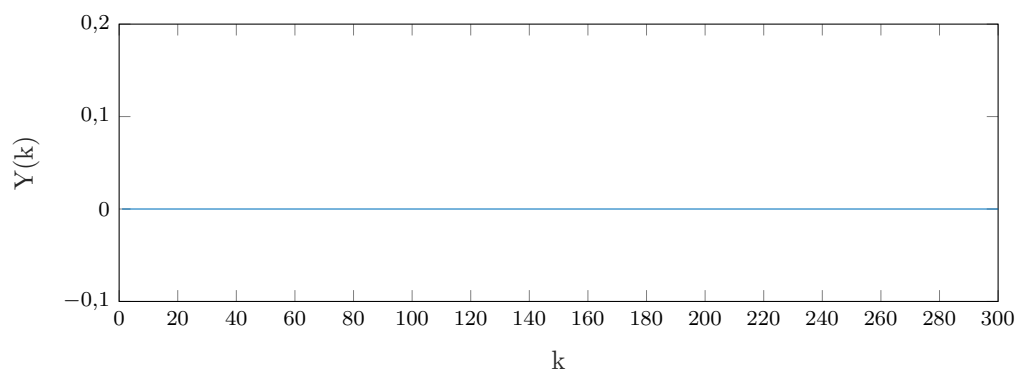
Warszawa, 2021

Spis treści

1. Sprawdzenie poprawności podanych wartości	2
1.1. Odpowiedzi skokowe	2
2. Laboratorium	4
2.1. Określenie wartości pomiaru temperatury w punkcie pracy	4
2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych	4
2.3. Przekształcenie i aproksymacja odpowiedzi skokowej	6
2.4. DMC	8
2.5. Dobór parametru D^z	13

1. Sprawdzenie poprawności podanych wartości

Żeby sprawdzić poprawność podanych wartości podajemy na wejście sterowanie $u = 0$ i patrzymy na jakiej wartości się ustali y .



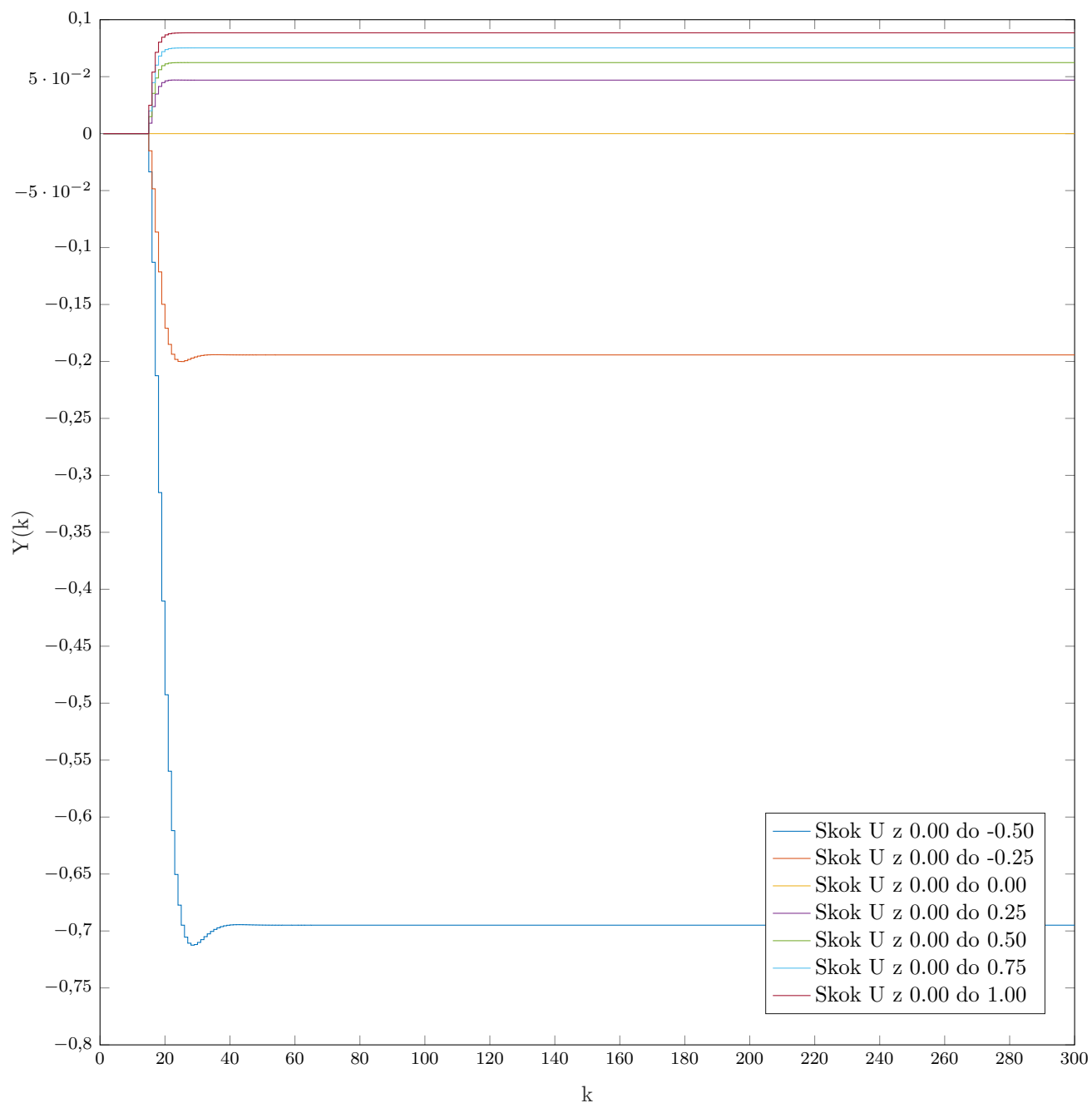
Rys. 1.1. Przebieg wyjścia obiektu przy stałym wejściu: $u = 0$

Jak możemy obserwować wyjście się ustala na poprawnej wartości, czyli na 0.

2. Odpowiedzi skokowe

Rozważamy punkt pracy oraz 6 różnych wartości skoku, z zera do: $-0,5$, $-0,25$, $0,25$, $0,5$, $0,75$, $1,0$.

2.1. Odpowiedzi skokowe



Rys. 2.1. Wykresy odpowiedzi skokowych

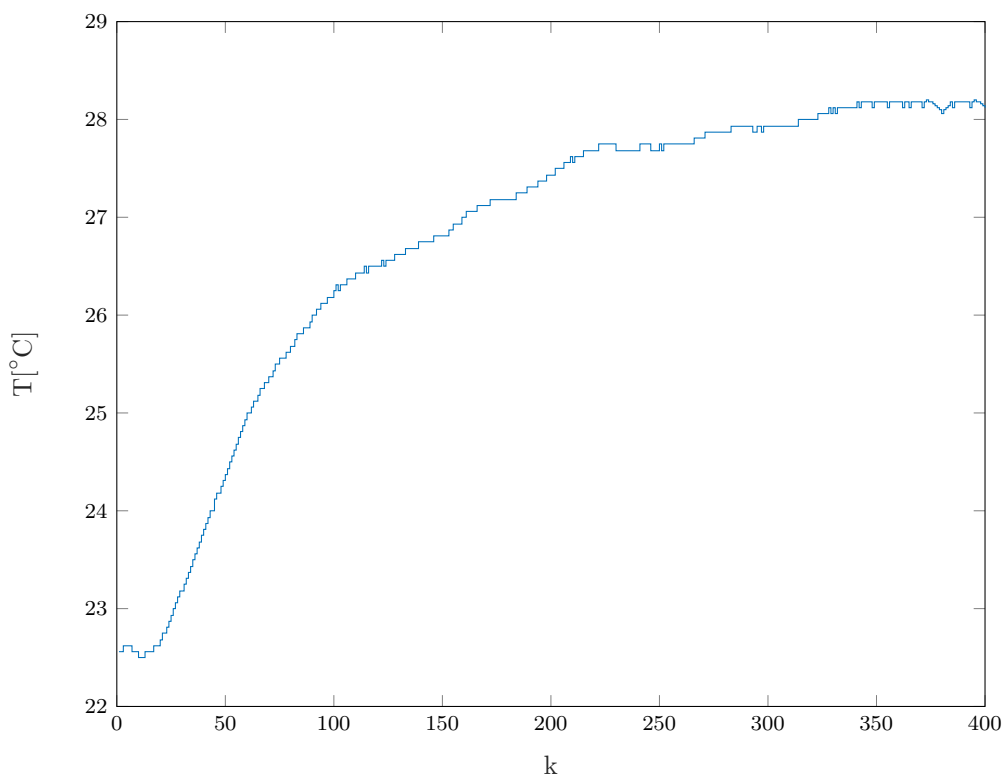
Jak widać wartość skoku na wyjściu jest proporcjonalna wartości skoku wejścia.

3. Laboratorium

3.1. Określenie wartości pomiaru temperatury w punkcie pracy

W celu określenia wartości pomiaru temperatury w punkcie pracy ustawiono moc wentylatora $W1 = 50\%$, a moc grzałki $G1 = 25\%$. Po czasie około 5 minut temperatura odczytywana przez czujnik temperatury zaczęła się stabilizować na poziomie $T1 = 28,2^{\circ}\text{C}$.

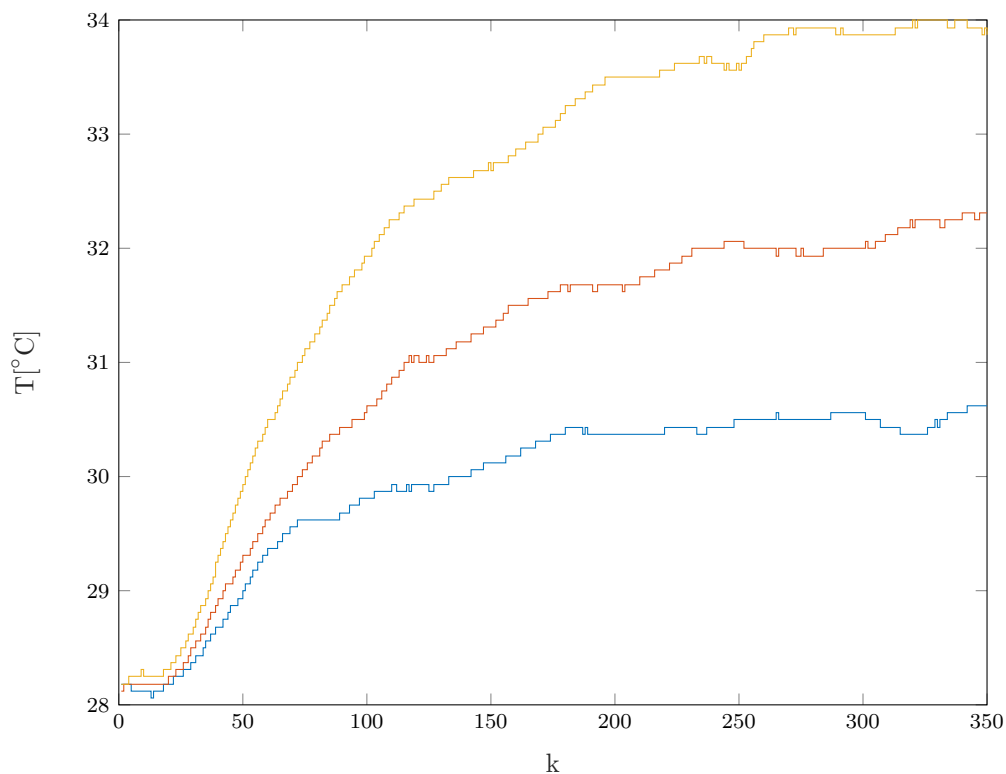
Niestety z powodu ciągłego ruchu powietrza związanego z przemieszczaniem się osób w sali i dużej ilości tych osób wpływających na temperaturę sali oraz czułość stanowiska pomiarowego temperatura odczytywana przez czujnik zaczęła odbiegać i lekko oscylować wokół tej temperatury.



Rys. 3.1. Pomiar temperatury w punkcie pracy

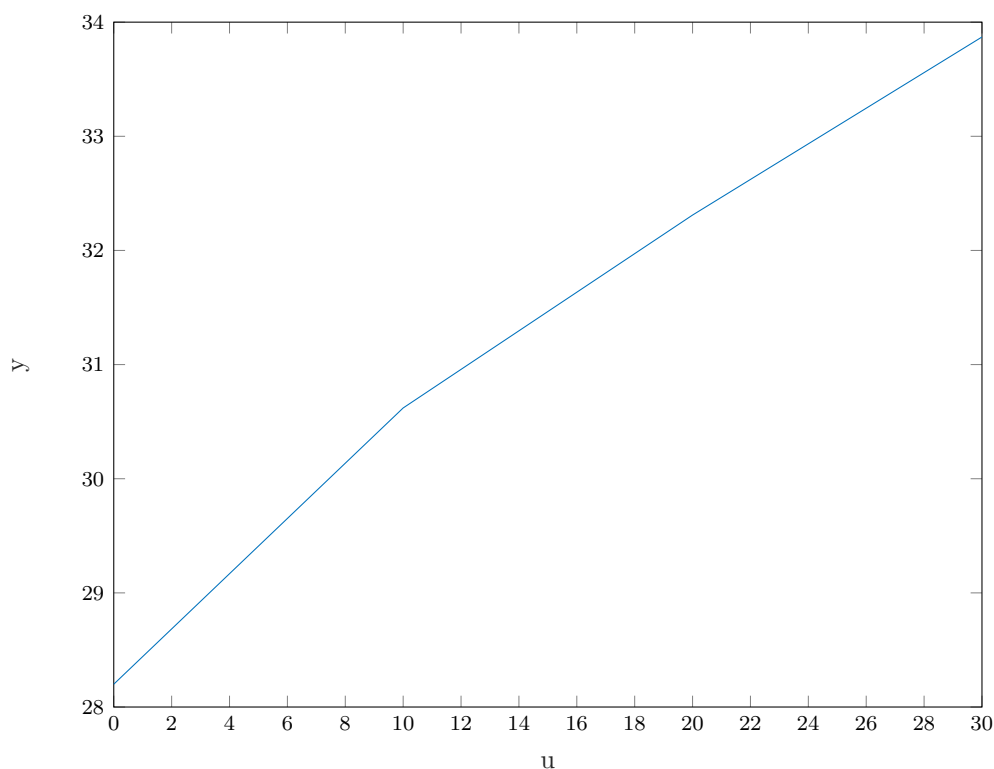
3.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych

Rozpoczynając z punktu pracy wyznaczono odpowiedzi skokowe dla trzech różnych skoków sygnału zakłócenia $Z = 10\%$ $Z = 20\%$ i $Z = 30\%$.



Rys. 3.2. Odpowiedzi skokowe dla trzech różnych wartości sygnału sterującego

Analizując otrzymane wykresy można wywnioskować, że właściwości statyczne procesu są w przybliżeniu liniowe, zmiany wartości odpowiedzi skokowej dla tych samych chwil są w przybliżeniu proporcjonalne jak również sam kształt wykresów jest w przybliżeniu podobny. W celu sprawdzenia założeń narysowano charakterystykę statyczną procesu.



Rys. 3.3. Charakterystyka statyczna procesu

Która potwierdziła przypuszczenia, na jej podstawie można stwierdzić, że właściwości statyczne procesu są w dobrym przybliżeniu liniowe i w konsekwencji postanowiono wyznaczyć wzmocnienie statyczne procesu.

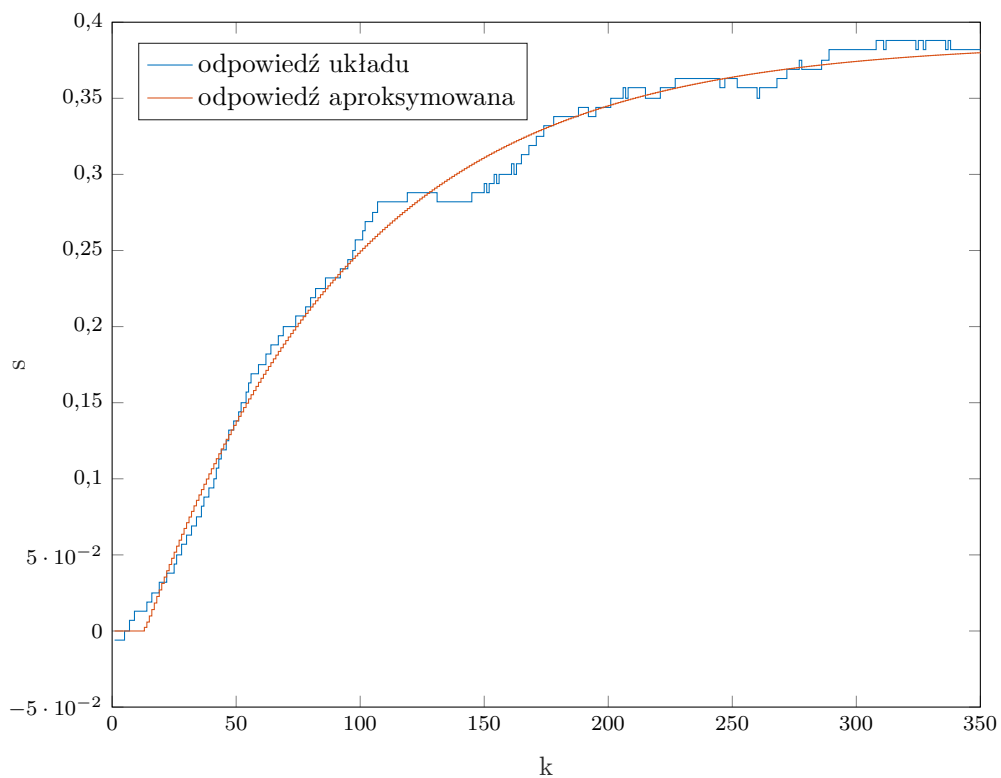
$$K_{stat} = 0,1890 \quad (3.1)$$

3.3. Przekształcenie i aproksymacja odpowiedzi skokowej

W celu przekształcenia odpowiedzi skokowej w taki sposób aby można ją było wykorzystać w algorytmie DMC skorzystano z poniższego wzoru:

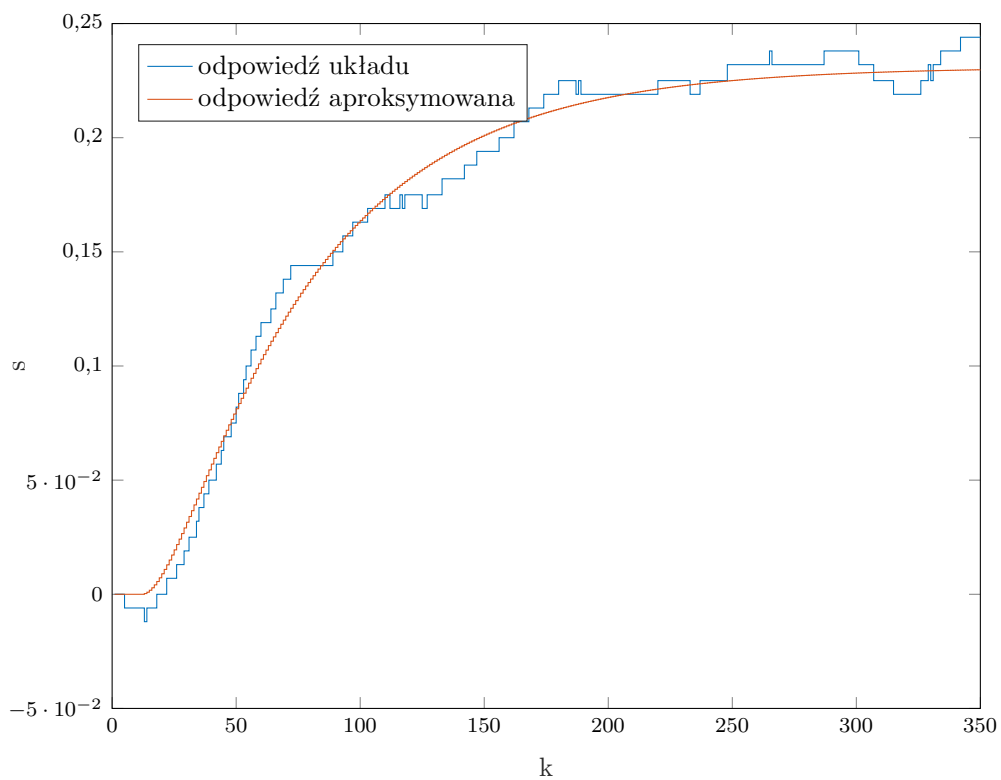
$$S_i = \frac{Y(i) - Y_{pp}}{\Delta U}, \text{ dla } i = 1, 2 \dots D \quad (3.2)$$

Dla odpowiedzi skokowej na torze wejście-wyjście otrzymanej w wyniku zmiany sygnału sterującego z $G1 = 25\%$ na $G1 = 35\%$ a następnie dokonano jej aproksymacji używając członu inercyjnego drugiego rzędu z opóźnieniem.



Rys. 3.4. Aproksymacja odpowiedzi skokowej U-Y

Taki sam proces aproksymacji przeprowadzony został dla toru zakłócenie-wyjście dla skoku zakłócenia od $Z = 0$ do $Z = 10$.



Rys. 3.5. Aproksymacja odpowiedzi skokowe Z-Y

Do wyznaczenia optymalnych parametrów aproksymacji posłużono się algorytmem genetycznym o losowej populacji początkowej tak aby zminimalizować błąd dopasowania.

3.4. DMC

Prawo regulacji DMC przedstawia się następująco:

$$\Delta U(k) = K(Y^{zad}(k) - Y^0(k)) \quad (3.3)$$

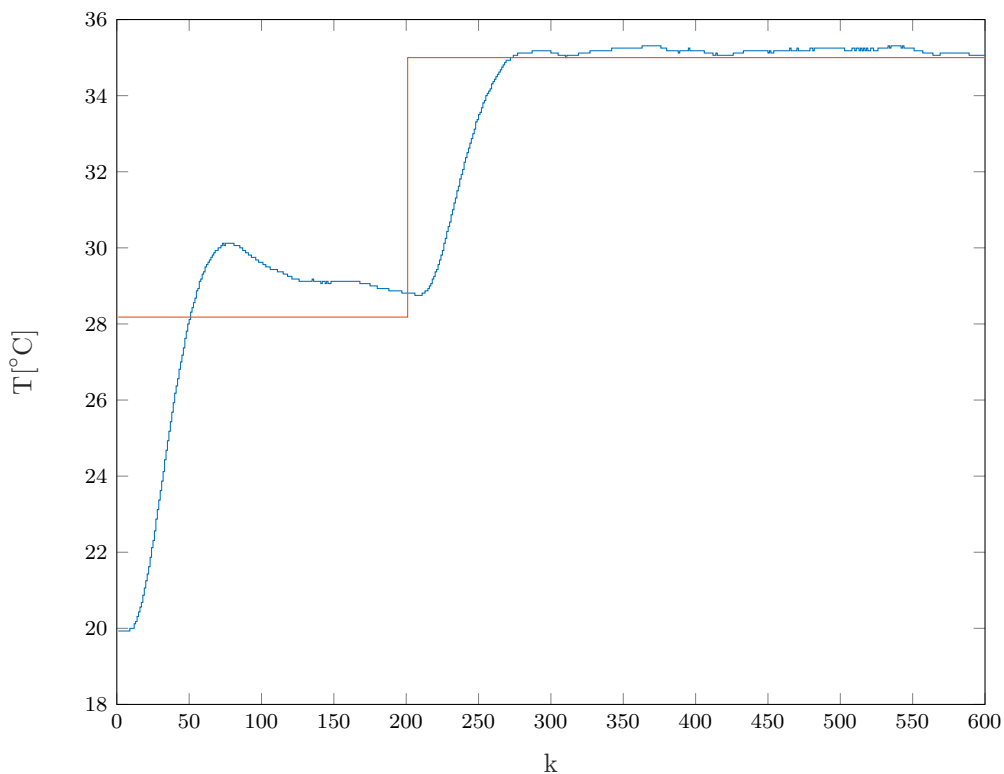
Gdzie $\Delta U(k)$ to wektor N_u (horyzont sterowania) przyszłych wartości sterowania, $Y^0(k)$ to przewidywana odpowiedź z modelu procesu, K - macierz policzona raz na początku ze współczynników odpowiedzi skokowej, uwzględniając wybrany współczynnik λ oraz horyzonty predykcji i sterowania.

W przypadku algorytmu DMC z pomiarem zakłóceń $Y^0(k)$ oblicza się z następującego wzoru:

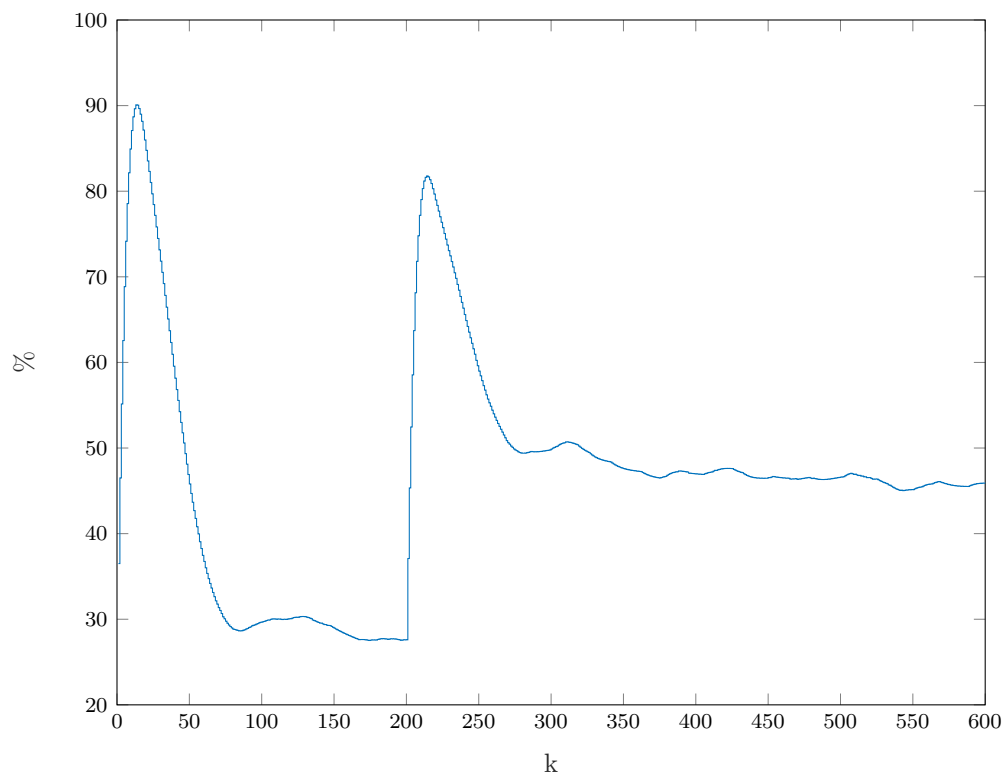
$$Y^0(k) = Y(k) + M^P \Delta U^P(k) + M^{Z^P} \Delta Z^P(k) \quad (3.4)$$

W powyższym wzorze dwa pierwsze elementy sumy odnoszą się do toru sterowanie-wyjście a ostatni element do toru zakłócenie-wyjście: M^{Z^P} macierz wyznaczana przy pomocy współczynników odpowiedzi skokowej dla zakłócenia, $\Delta Z^P(k)$ jest wektorem przyrostów mierzalnego zakłócenia.

Poniżej przedstawione są wyniki działania programu dla skoku wartości zadanej z punktu pracy 28,18 do 35 dla różnych parametrów regulatora:

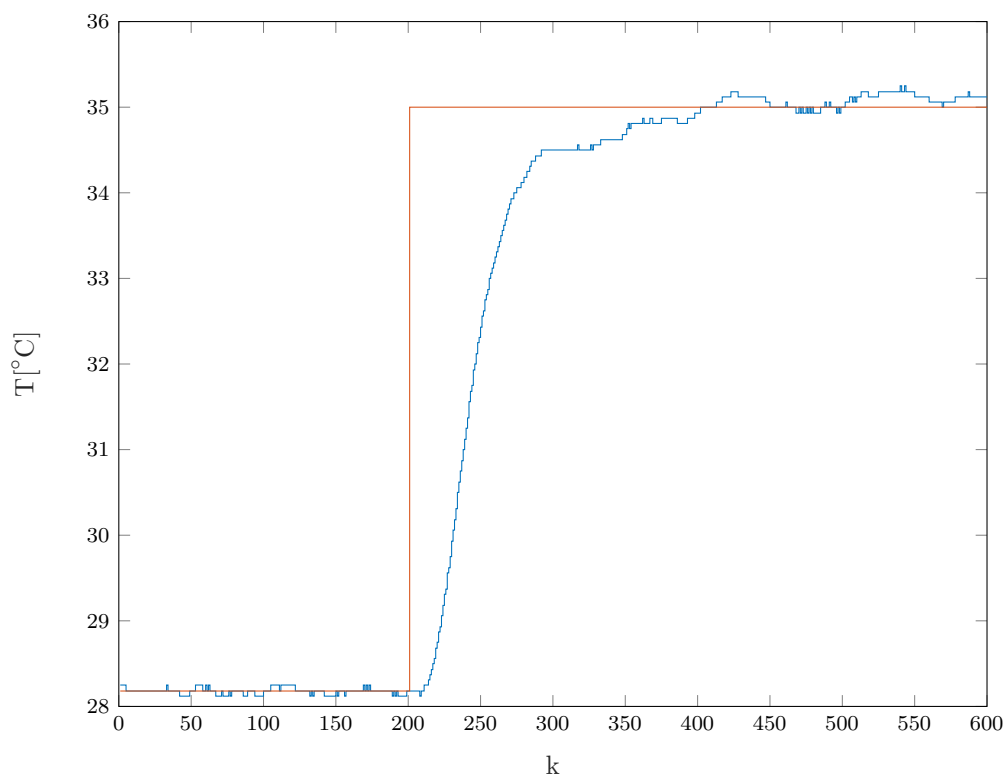


Rys. 3.6. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 90$, $N_u = 10$, $\lambda = 0.4$

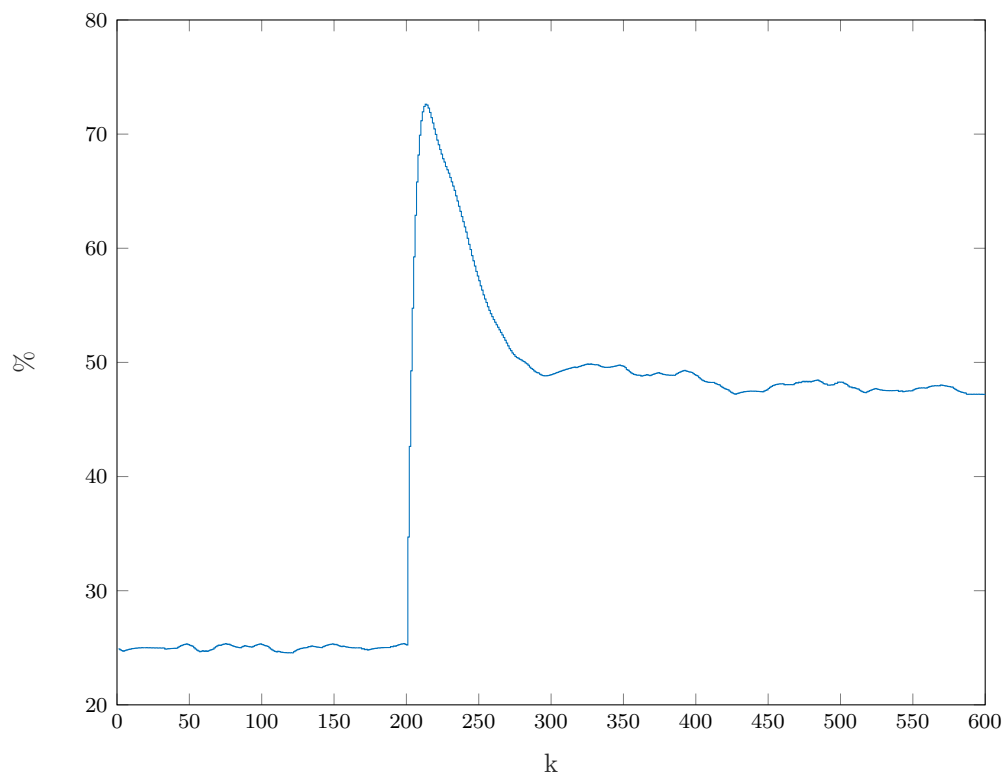


Rys. 3.7. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 90$, $N_u = 10$, $\lambda = 0,4$

$$E = 3,1023 \cdot 10^3 \quad (3.5)$$

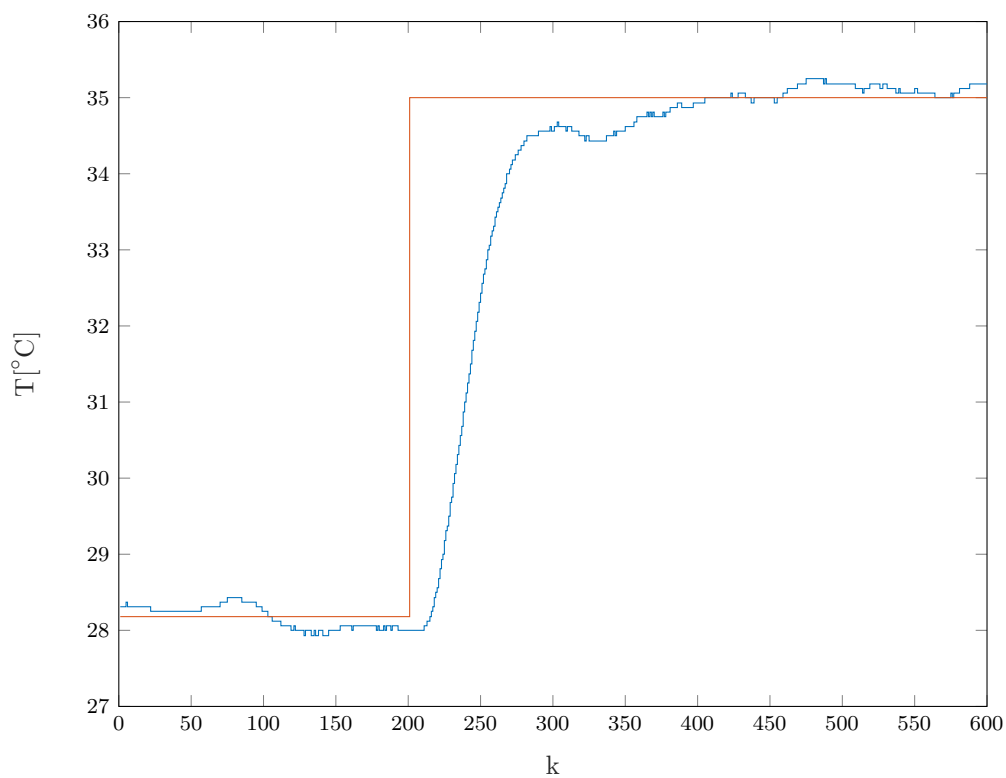


Rys. 3.8. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 1$

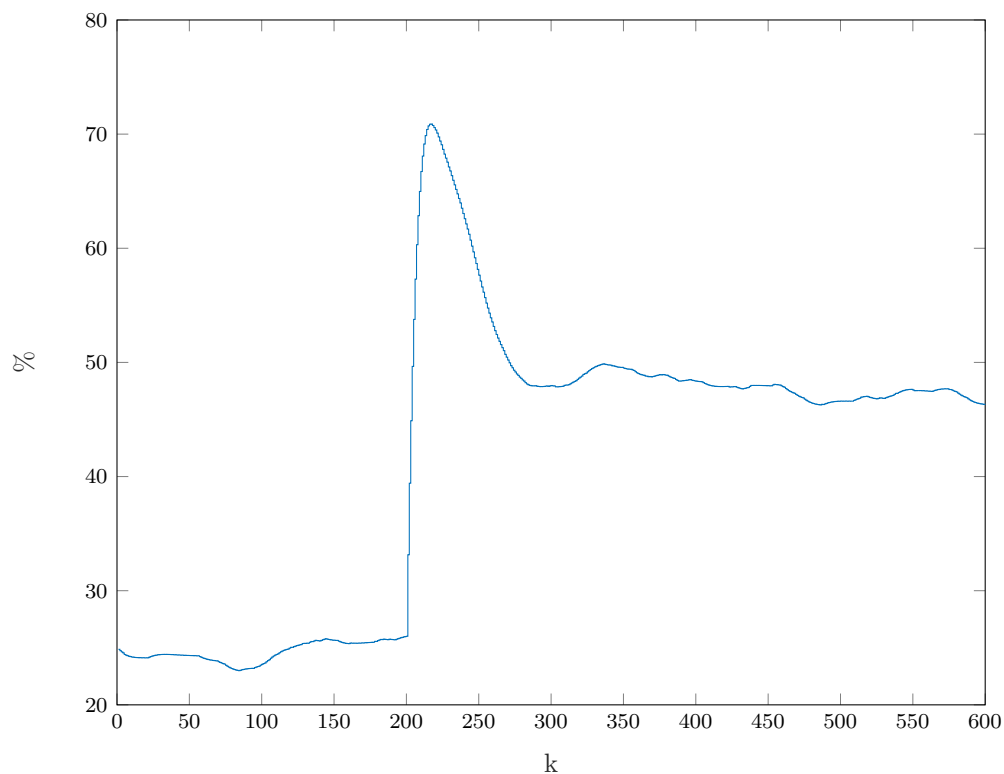


Rys. 3.9. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 1$

$$E = 1,5950 * 10^3 \quad (3.6)$$

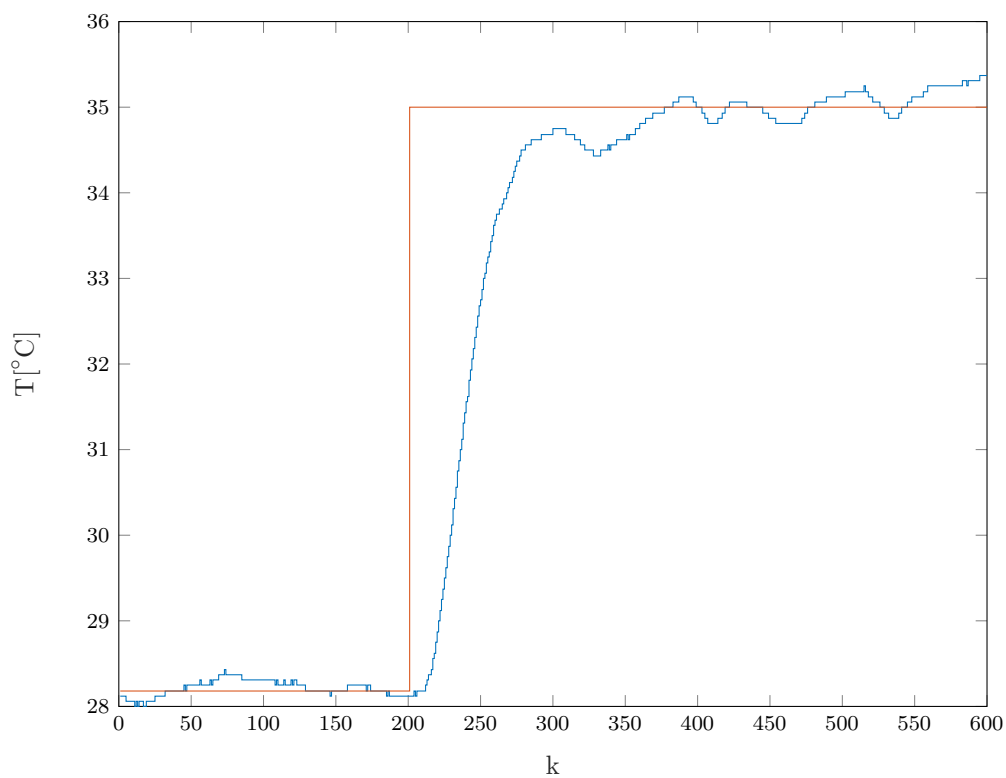


Rys. 3.10. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 2$

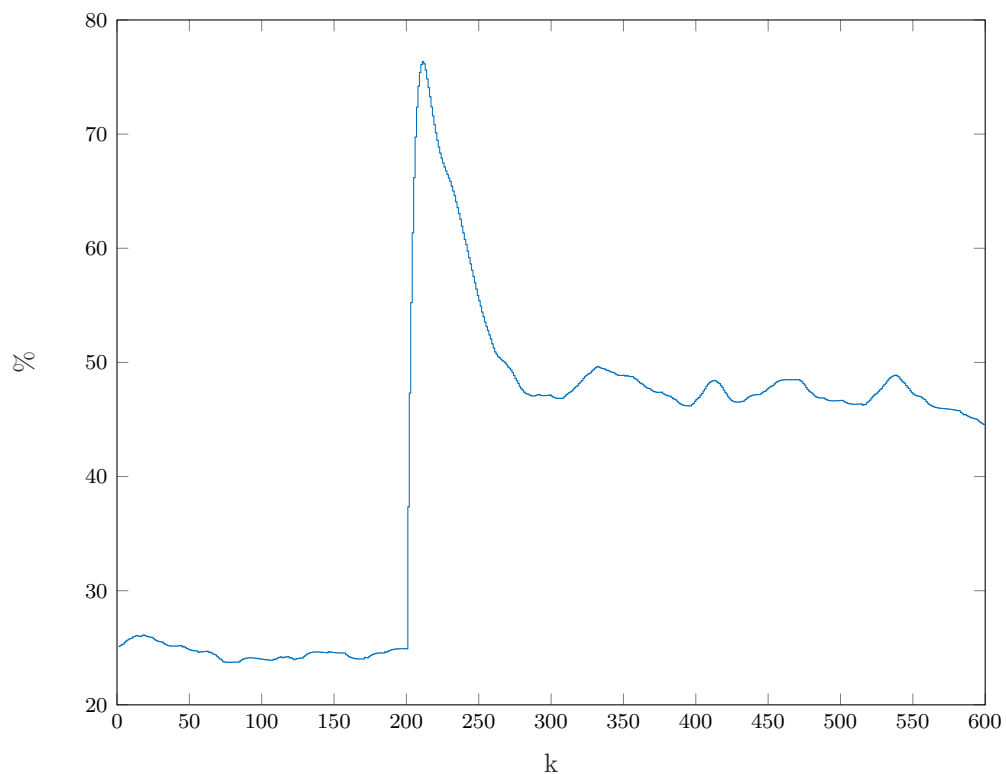


Rys. 3.11. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 2$

$$E = 1,6698 * 10^3 \quad (3.7)$$

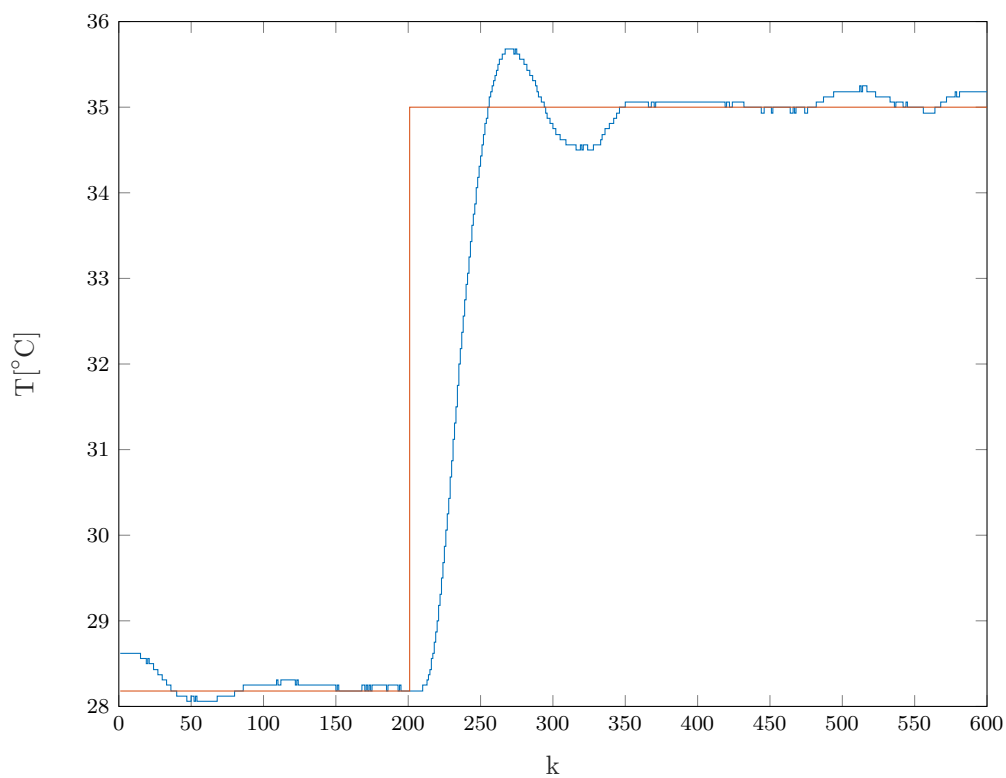


Rys. 3.12. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 0,4$

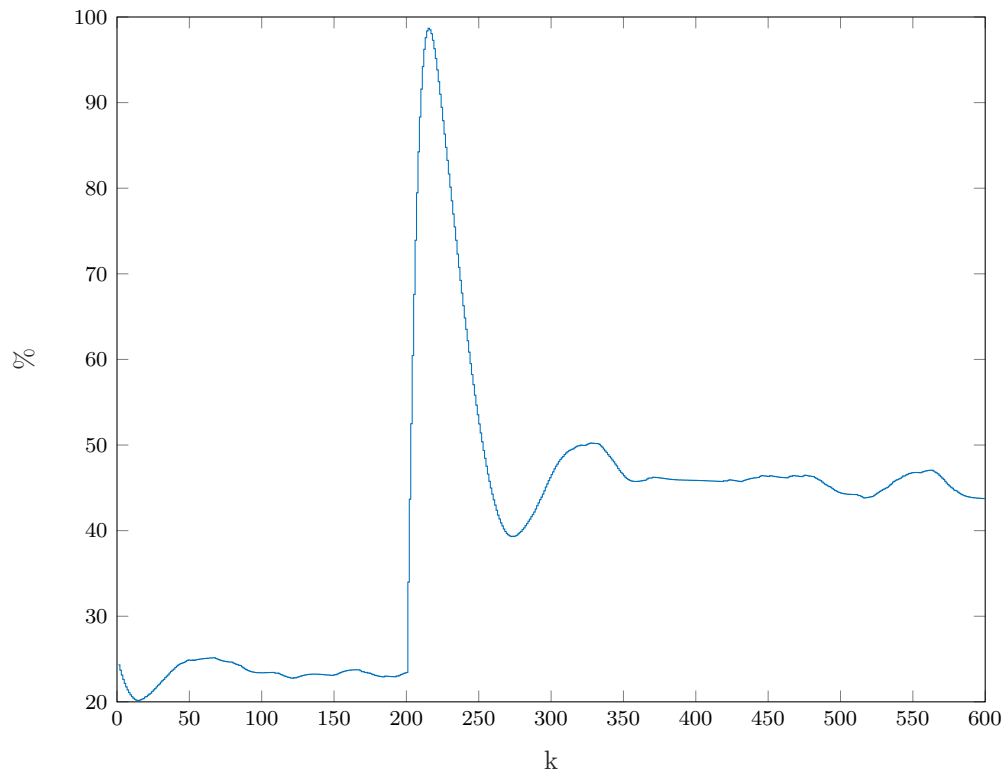


Rys. 3.13. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 0,4$

$$E = 1,5041 * 10^3 \quad (3.8)$$



Rys. 3.14. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$



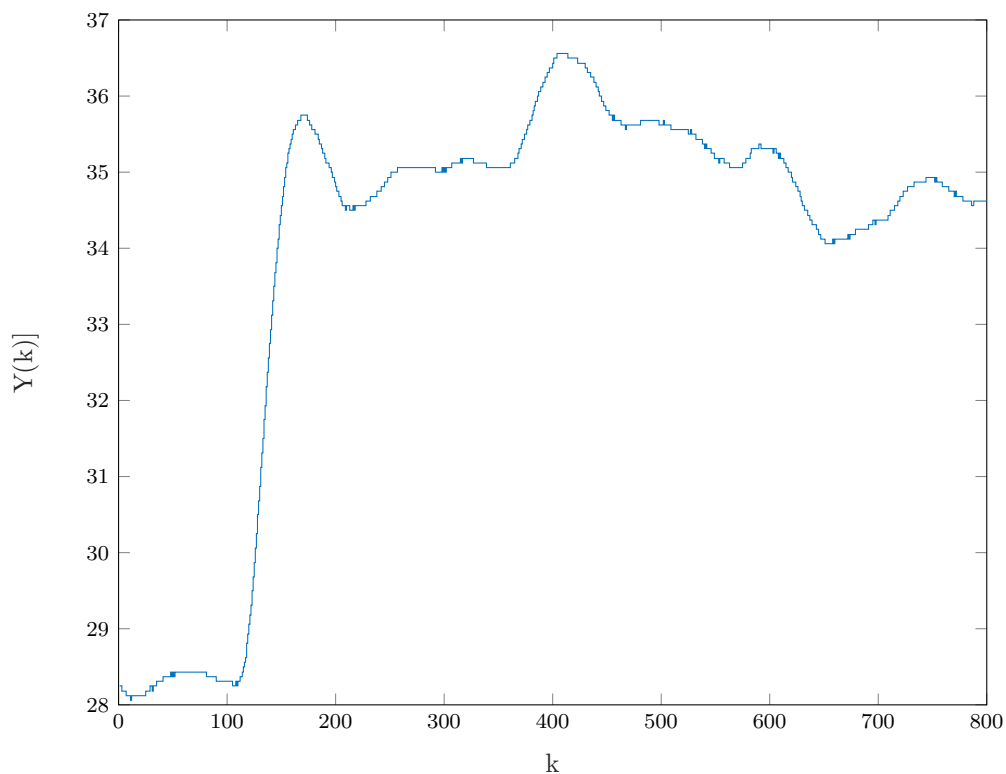
Rys. 3.15. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$

$$E = 1,2676 * 10^3 \quad (3.9)$$

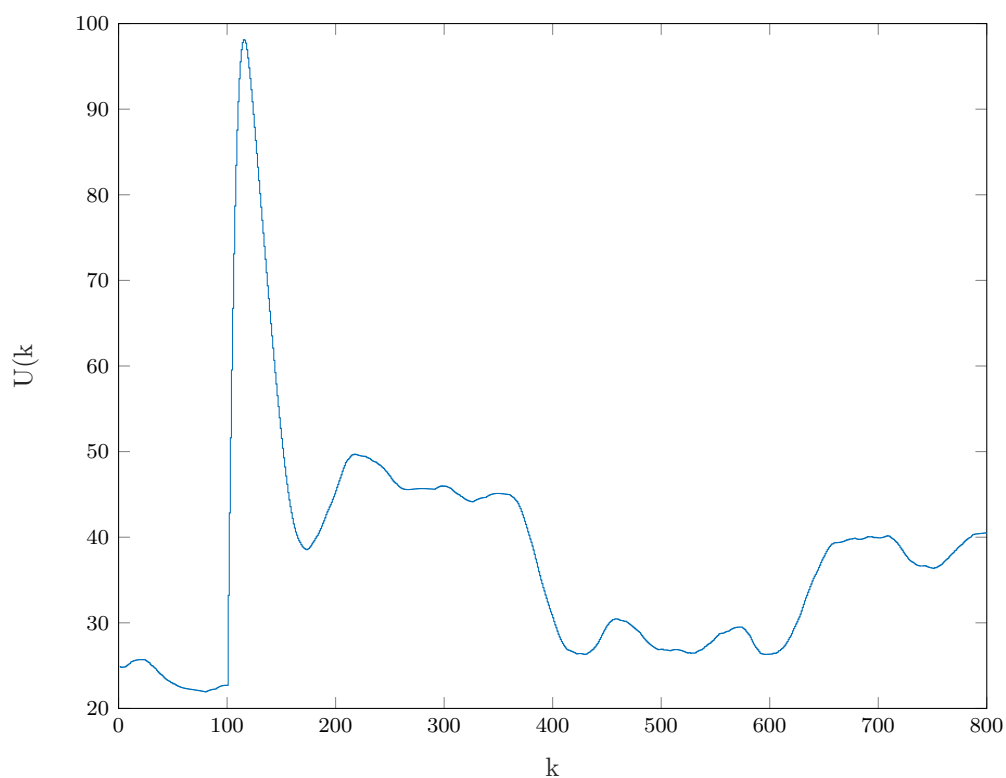
3.5. Dobór parametru D^z

W wyniku eksperymentów dobraliśmy wartość $D^z = 320$.

Poniżej są przedstawione wyniki regulacji najpierw bez pomiaru zakłócenia, a potem z pomiarem dla skoków sygnału zakłócenia w chwili $k=350$ z wartości 0 do 30 oraz w $k=600$ z 30 do 10.



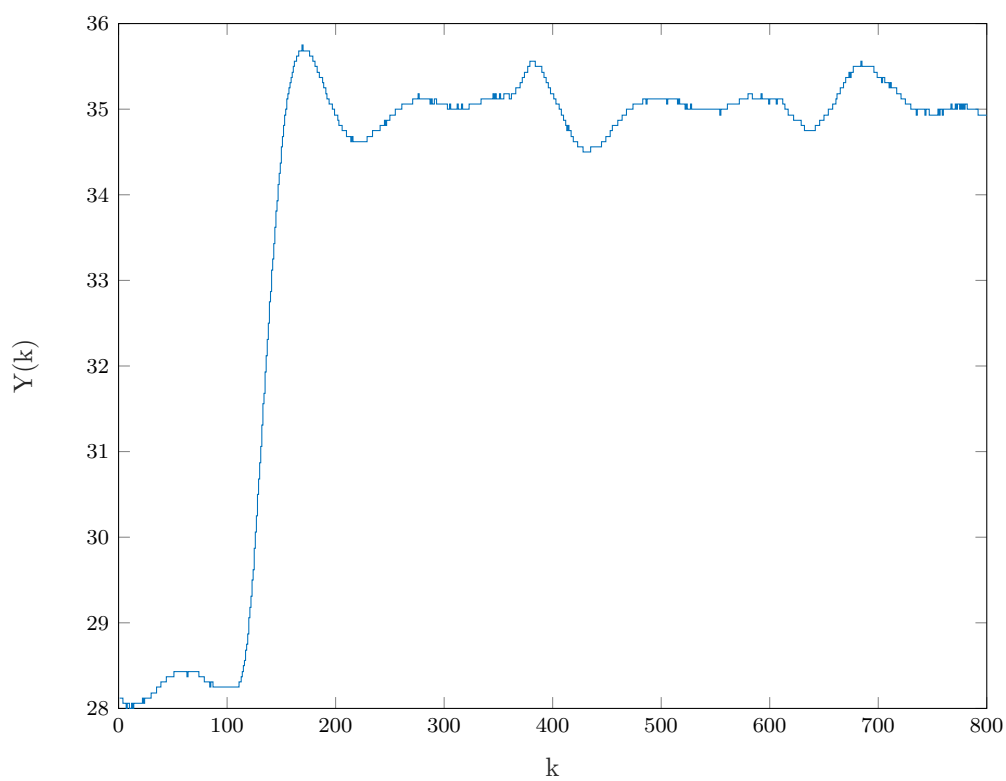
Rys. 3.16. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ bez pomiaru zakłócenia



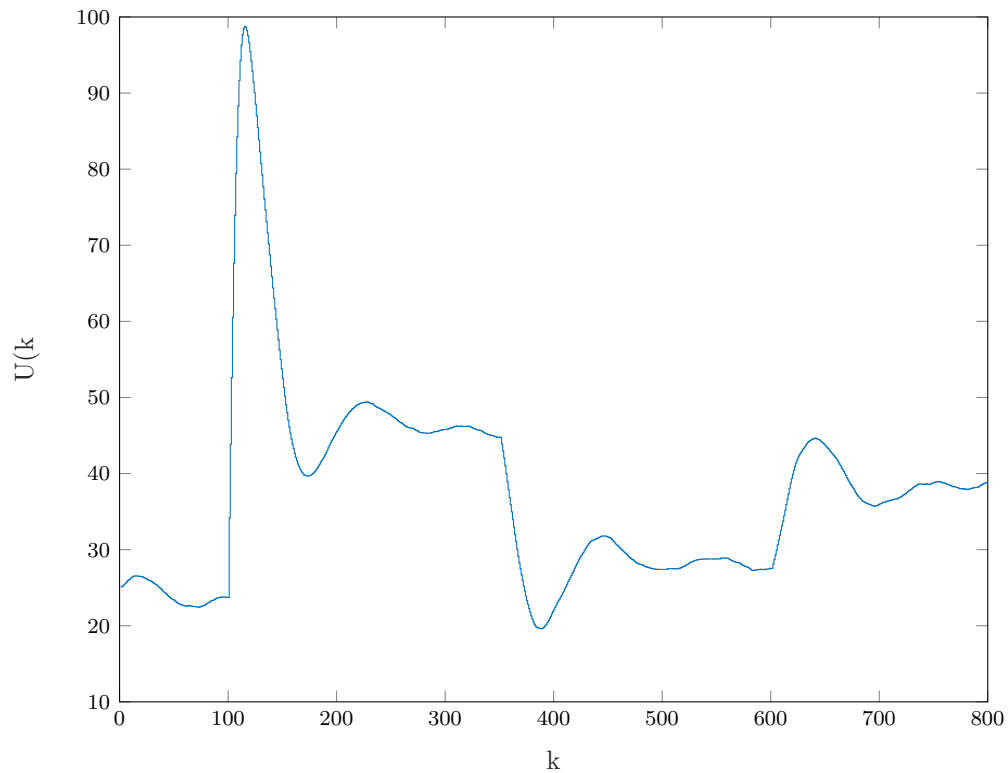
Rys. 3.17. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ bez pomiaru zakłócenia

$$E = 1,4576 * 10^3 \quad (3.10)$$

Włączamy pomiar zakłóceń.



Rys. 3.18. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ z pomiarem zakłócenia



Rys. 3.19. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ z pomiarem zakłócenia

$$E = 1,2734 * 10^3 \quad (3.11)$$

Jak widać, regulacja z pomiarem jest bardziej precyzyjna.