

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

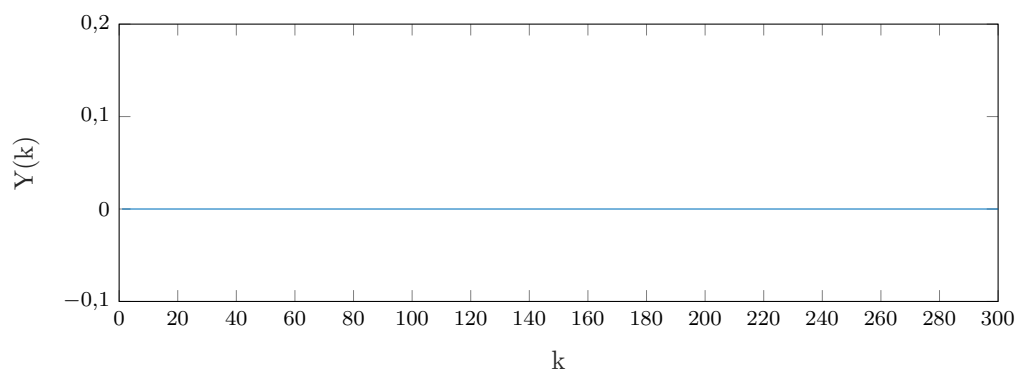
Warszawa, 2021

Spis treści

1. Sprawdzenie poprawności podanych wartości	2
2. Odpowiedzi skokowe	3
2.1. Opowiedzi skokowe toru U-Y	3
2.2. Opowiedzi skokowe toru Z-Y	4
2.3. Charakterystyka statyczna	4
2.4. Wzmocnienia statyczne	5
3. Odpowiedzi skokowe dla DMC	6
4. Algorytm DMC	8
4.1. Strojenie regulatora	8
4.2. Wyniki strojenia	9
4.3. Wnioski	13
5. Regulacja z skokowym zakłóceniem	15
5.1. Bez pomiaru zakłócenia	15
5.2. Z pomiaru zakłócenia	16
5.3. Wnioski	17
6. Regulacja z skokowym zakłóceniem sinusoidalnym	18
6.1. Bez pomiaru zakłócenia	18
6.2. Z pomiaru zakłócenia	19
6.3. Wnioski	20
7. Regulacja z skokowym zakłóceniem sinusoidalnym	21
7.1. Szum nałożony na zakłócenie skokowe	21
7.2. Szum nałożony na zakłócenie sinusoidalne	24
7.3. Wnioski	27
8. Laboratorium	28
8.1. Określenie wartości pomiaru temperatury w punkcie pracy	28
8.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych	28
8.3. Przekształcenie i aproksymacja odpowiedzi skokowej	30
8.4. DMC	32
8.5. Dobór parametru D^z	37

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: $u = 0$

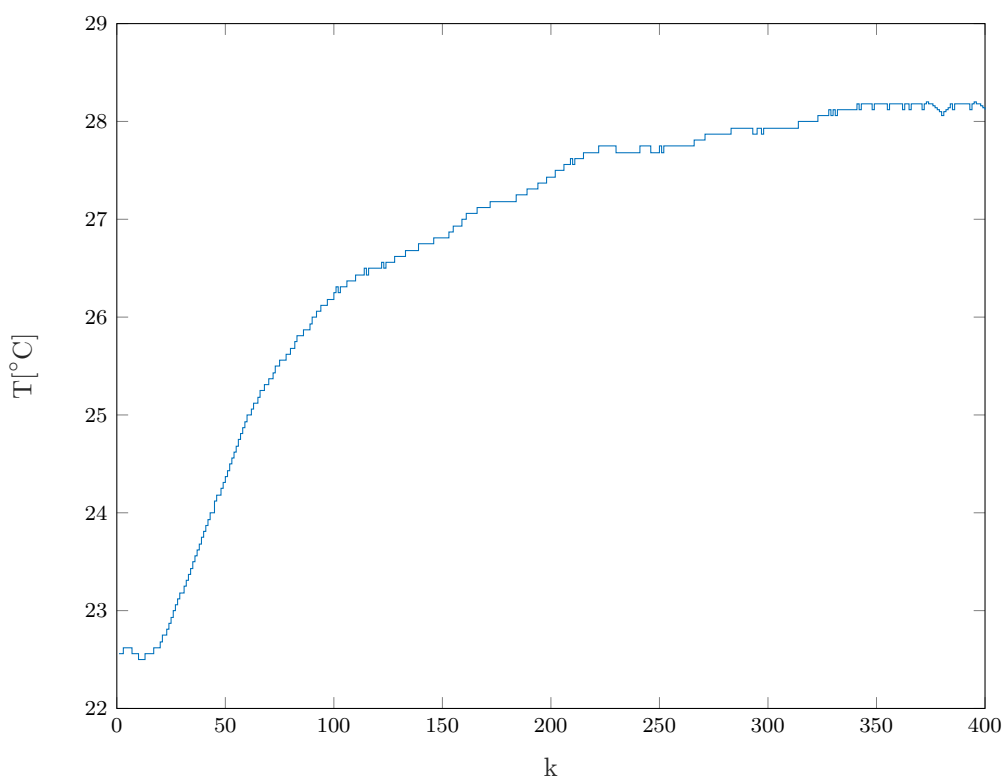
Jak możemy obserwować wyjście się ustala na poprawnej wartości, czyli na 0.

2. Laboratorium

2.1. 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 $T1 = 28,2^{\circ}\text{C}$.

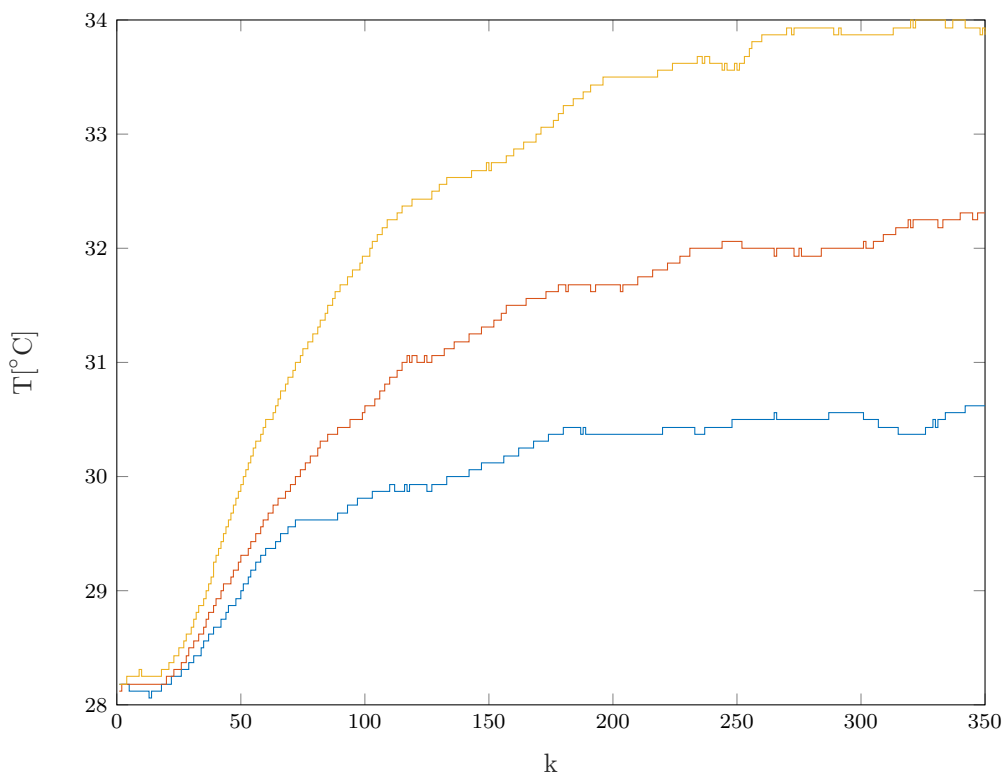
Niestety z powodu ciągłego ruchu powietrza związanego z przemieszczaniem się osób w sali i dużej ilości tych osób wpływających na temperaturę sali oraz czułość stanowiska pomiarowego temperatura odczytywana przez czujnik zaczęła odbiegać i lekko oscylować wokół tej temperatury.



Rys. 2.1. Pomiar temperatury w punkcie pracy

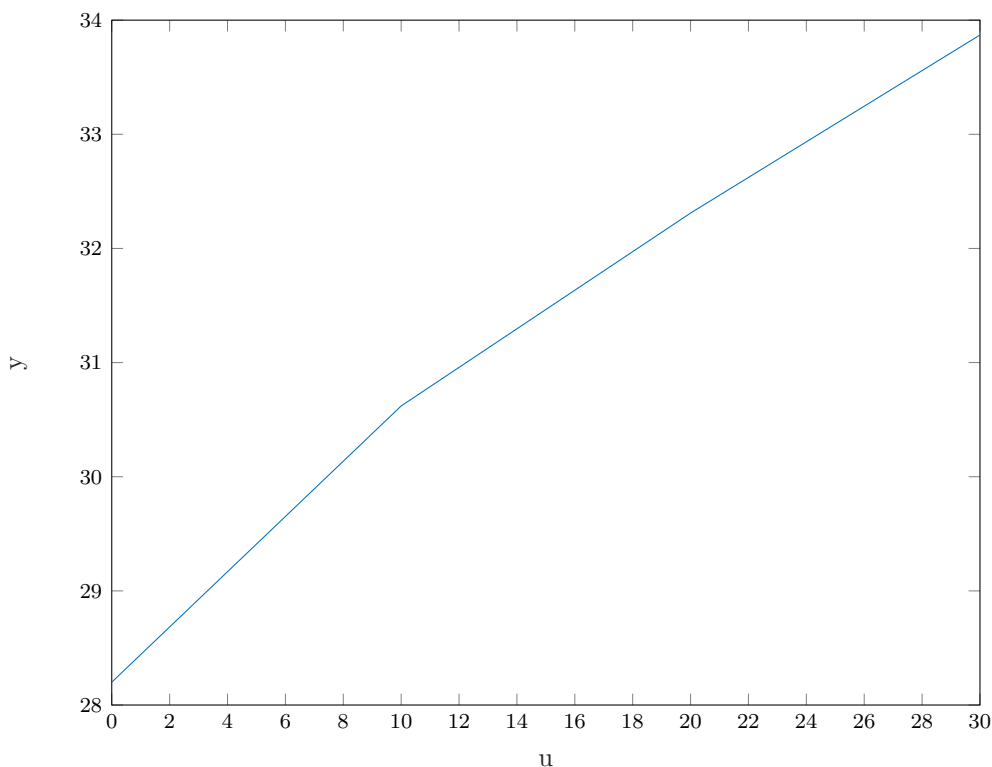
2.2. Wyznaczenie odpowiedzi skokowych

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



Rys. 2.2. 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. 2.3. 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.

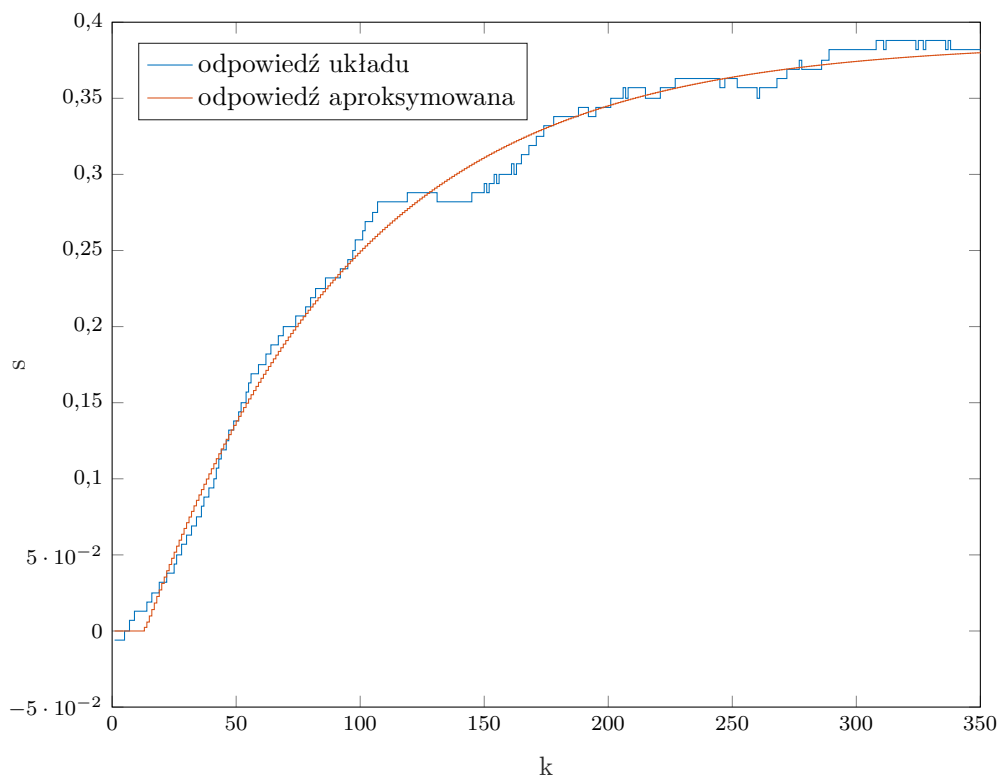
$$K_{stat} = 0,1890 \quad (2.1)$$

2.3. 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:

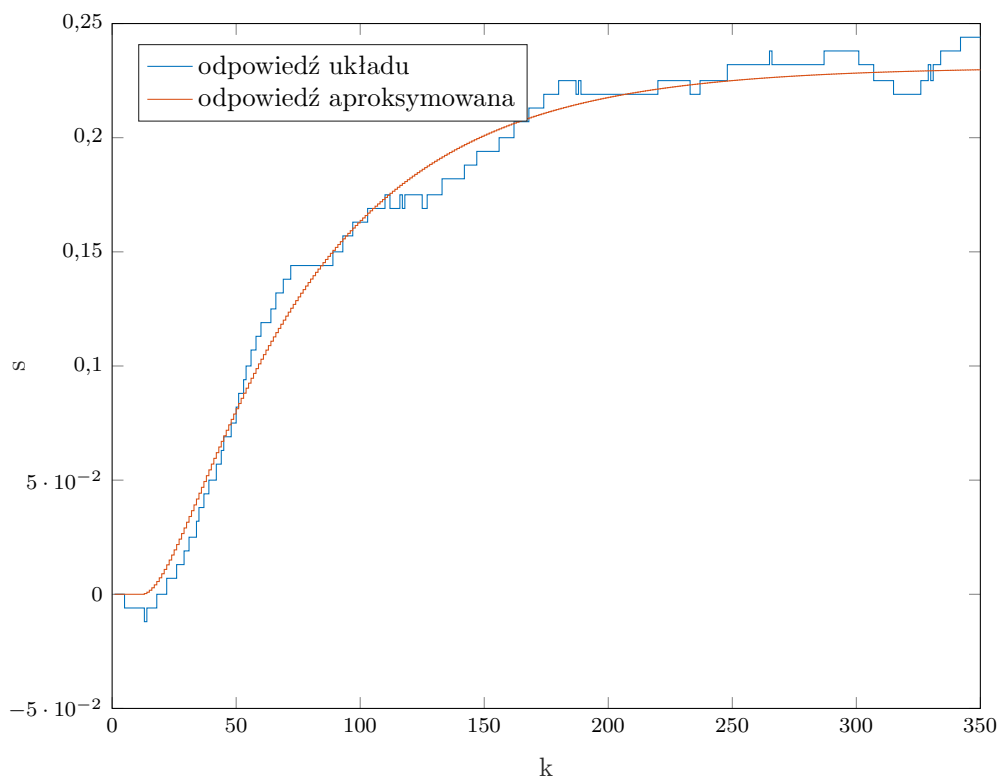
$$S_i = \frac{Y(i) - Y_{pp}}{\Delta U}, \text{ dla } i = 1, 2 \dots D \quad (2.2)$$

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. 2.4. 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. 2.5. Aproksymacja odpowiedzi skokowe Z-Y

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

2.4. DMC

Prawo regulacji DMC przedstawia się następująco:

$$\Delta U(k) = K(Y^{zad}(k) - Y^0(k)) \quad (2.3)$$

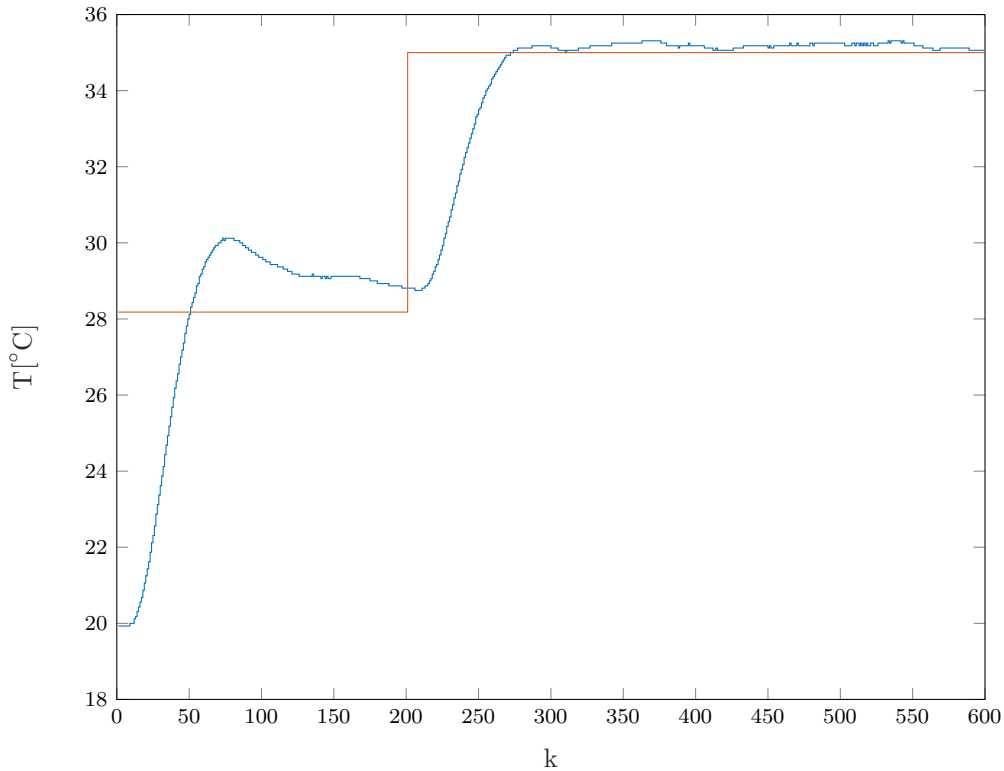
Gdzie $\Delta U(k)$ to wektor N_u (horyzont sterowania) przyszłych wartości sterowania, $Y^0(k)$ to przewidywana odpowiedź z modelu procesu, K - macierz policzona raz na początku ze współczynników odpowiedzi skokowej, uwzględniając wybrany współczynnik λ oraz horyzonty predykcji i sterowania.

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

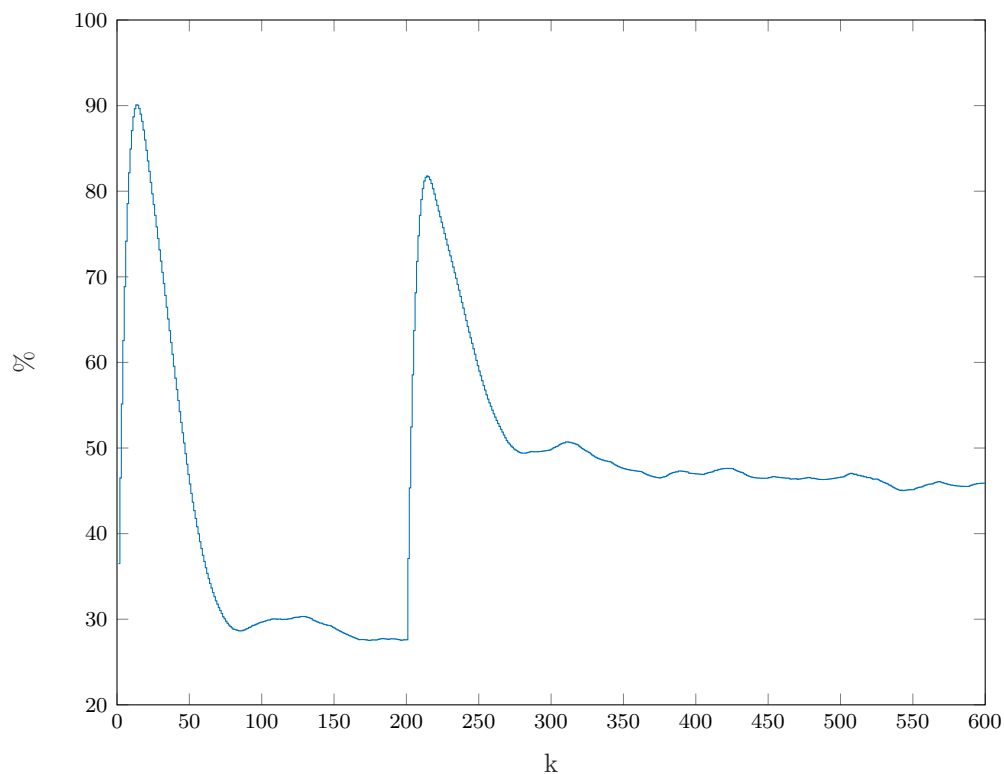
$$Y^0(k) = Y(k) + M^P \Delta U^P(k) + M^{Z^P} \Delta Z^P(k) \quad (2.4)$$

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:

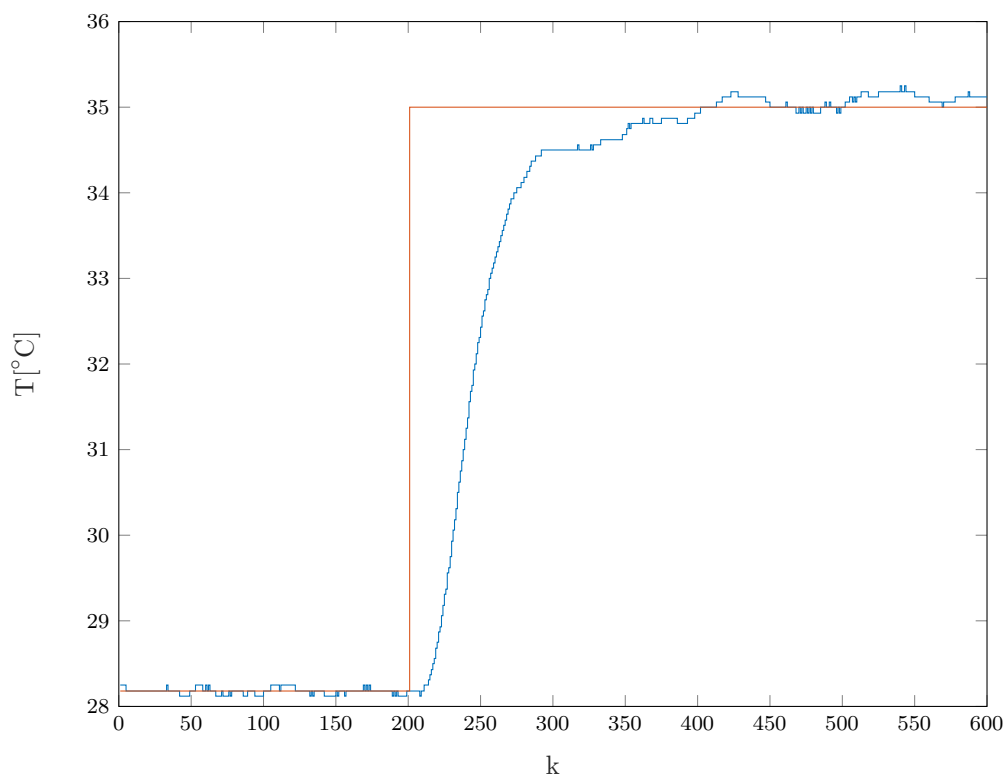


Rys. 2.6. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 90$, $N_u = 10$, $\lambda = 0.4$

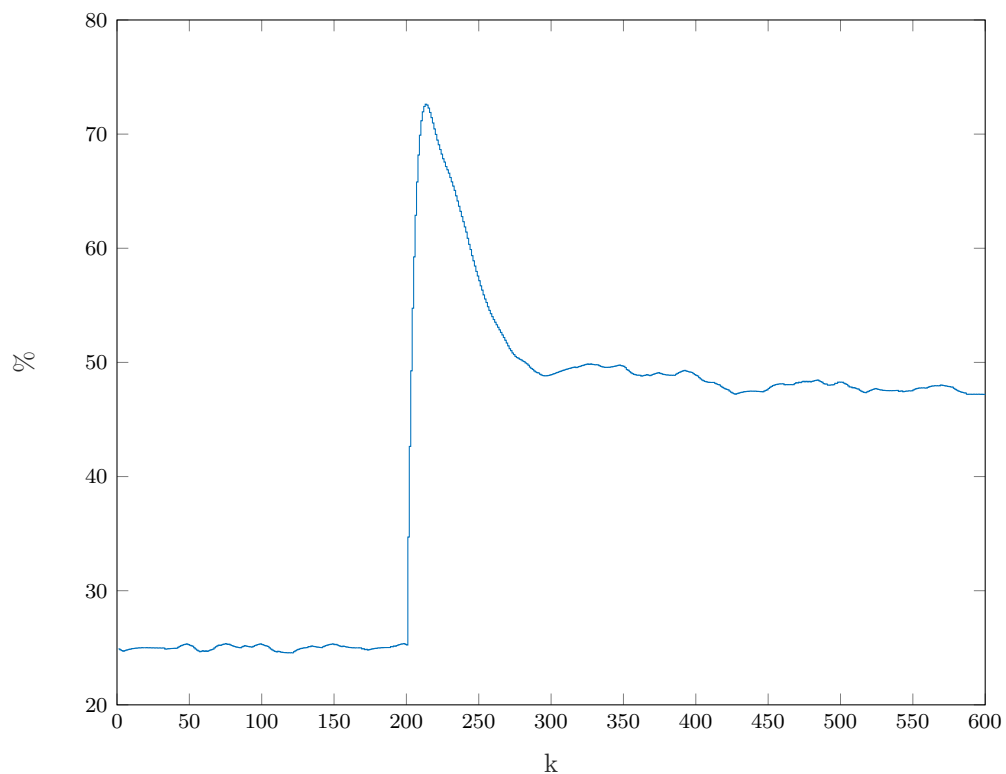


Rys. 2.7. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 90$, $N_u = 10$, $\lambda = 0,4$

$$E = 3,1023 * 10^3 \quad (2.5)$$

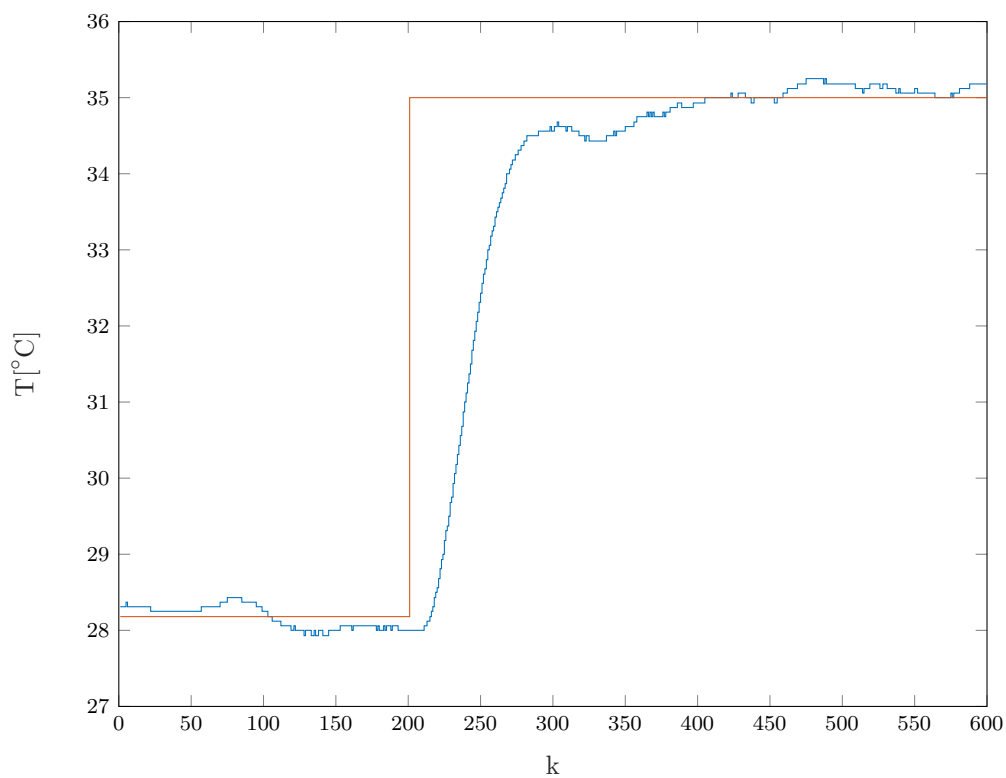


Rys. 2.8. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 1$

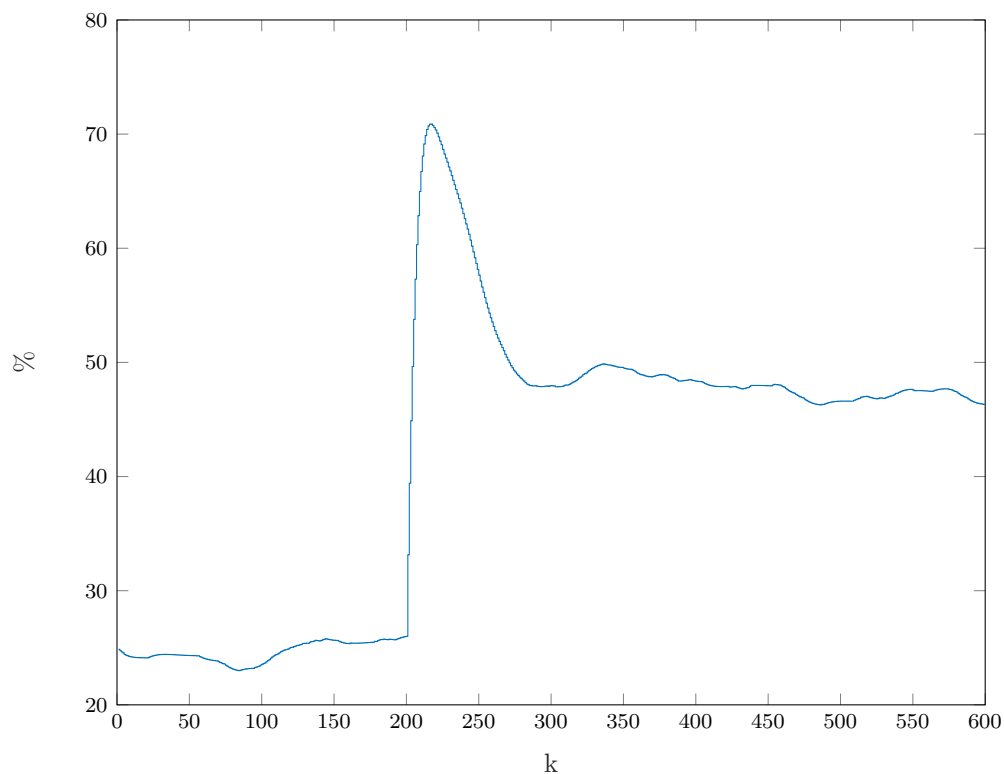


Rys. 2.9. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 1$

$$E = 1,5950 * 10^3 \quad (2.6)$$

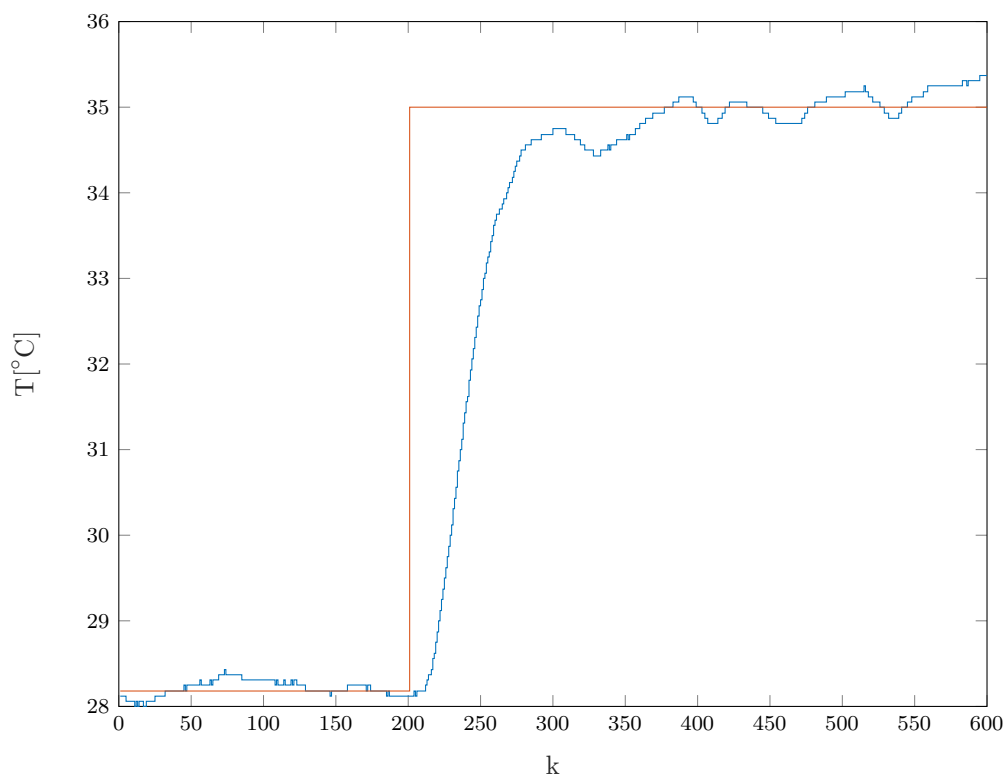


Rys. 2.10. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 2$

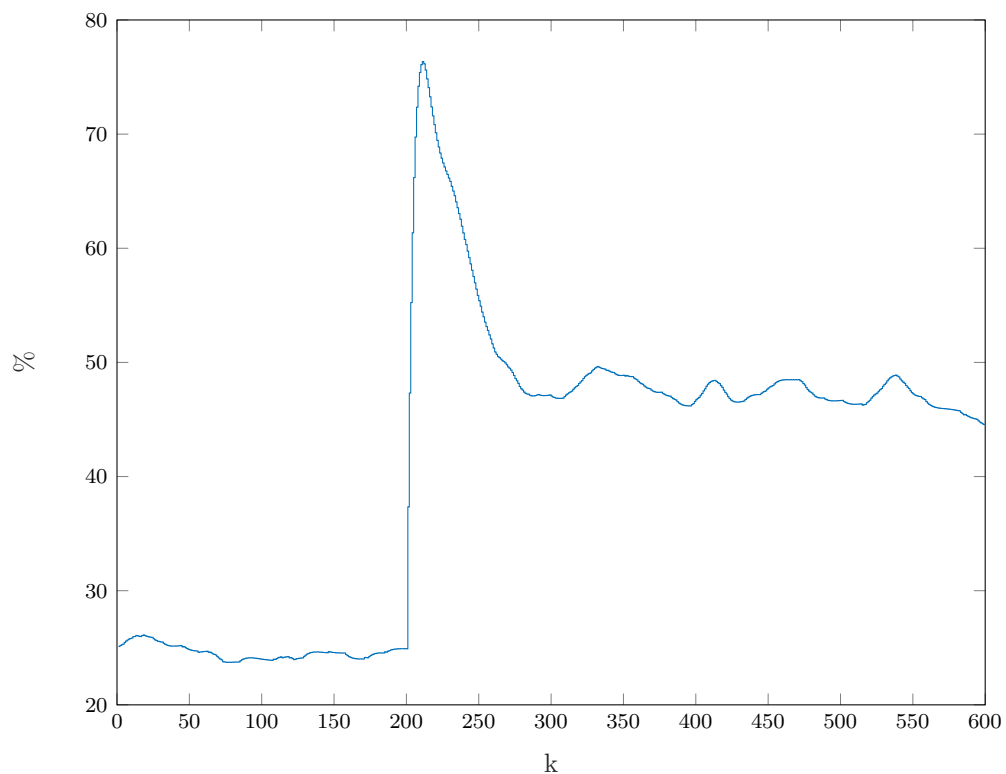


Rys. 2.11. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 2$

$$E = 1,6698 * 10^3 \quad (2.7)$$

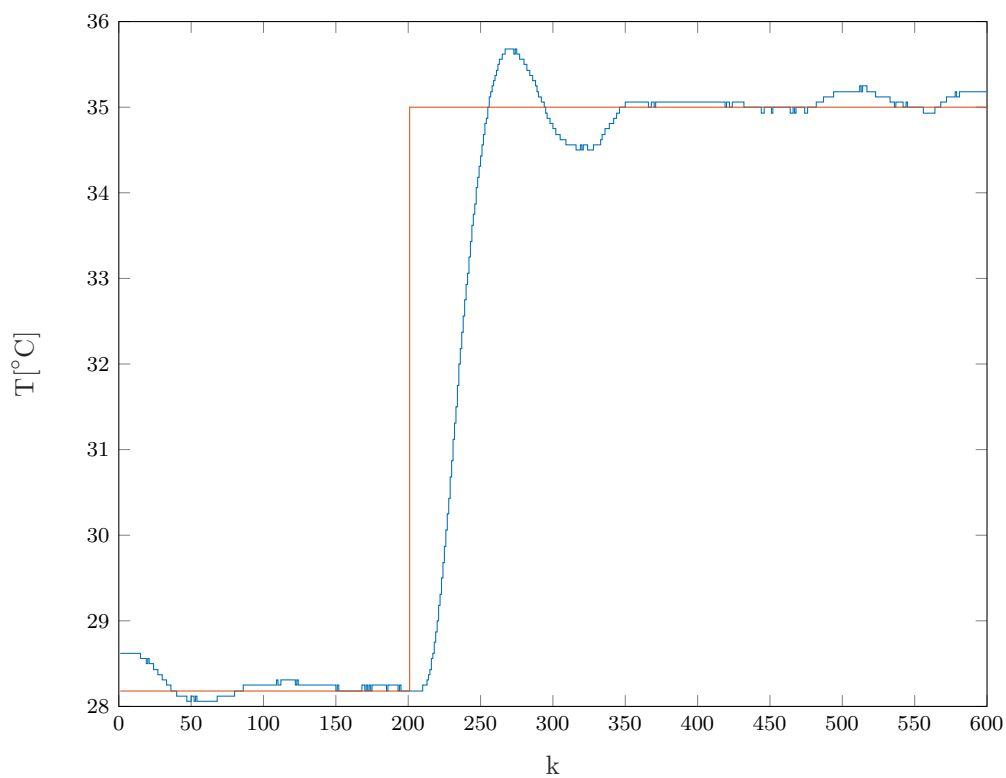


Rys. 2.12. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 0,4$

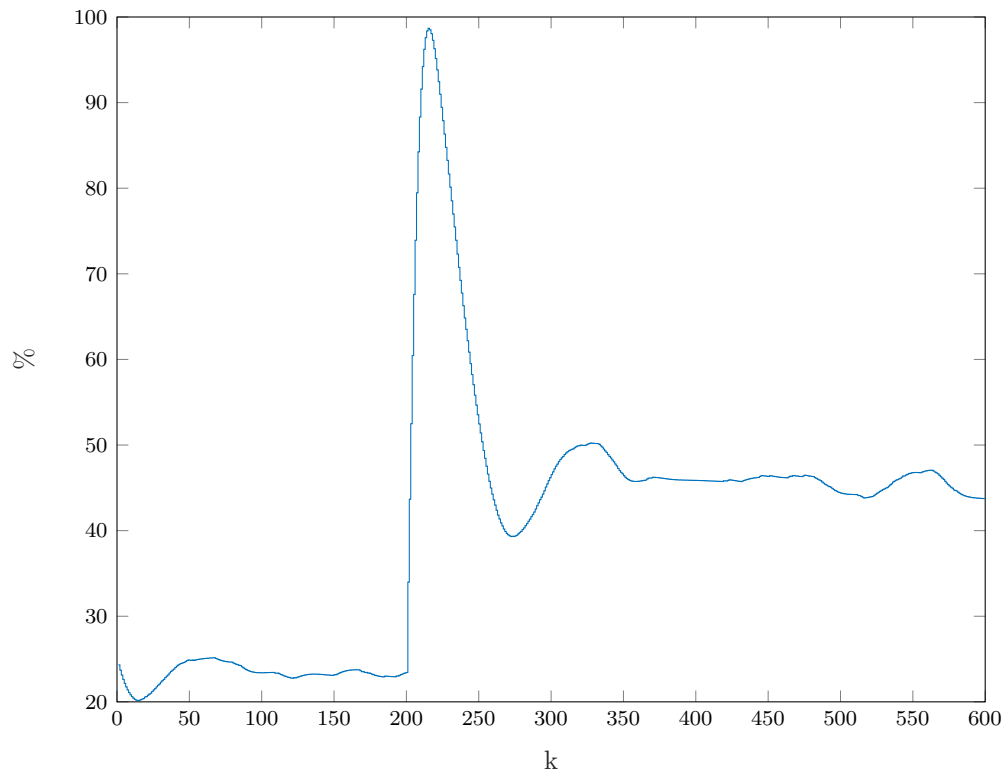


Rys. 2.13. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 60$, $N_u = 5$, $\lambda = 0,4$

$$E = 1,5041 * 10^3 \quad (2.8)$$



Rys. 2.14. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$



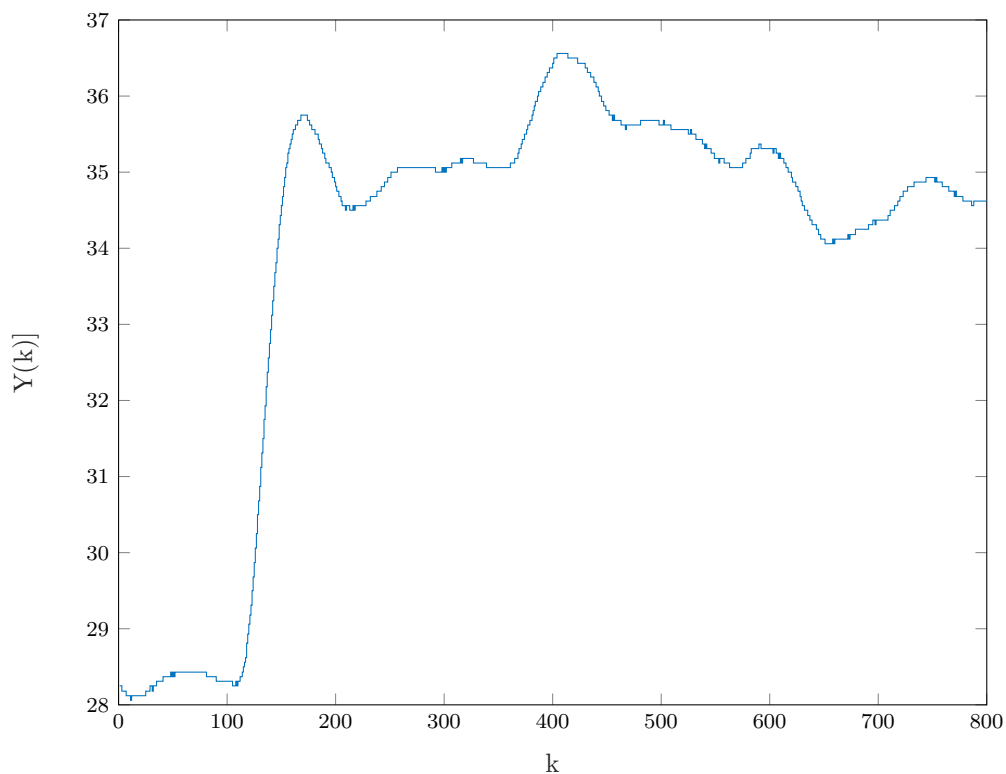
Rys. 2.15. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$

$$E = 1,2676 * 10^3 \quad (2.9)$$

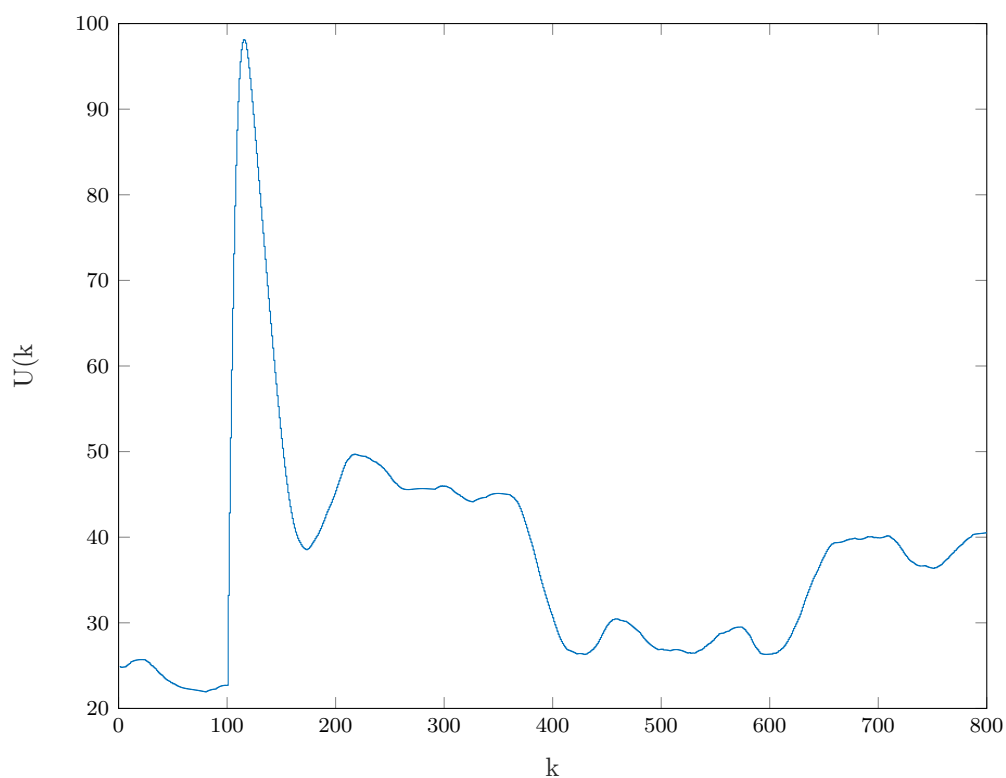
2.5. Dobór parametru D^z

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.



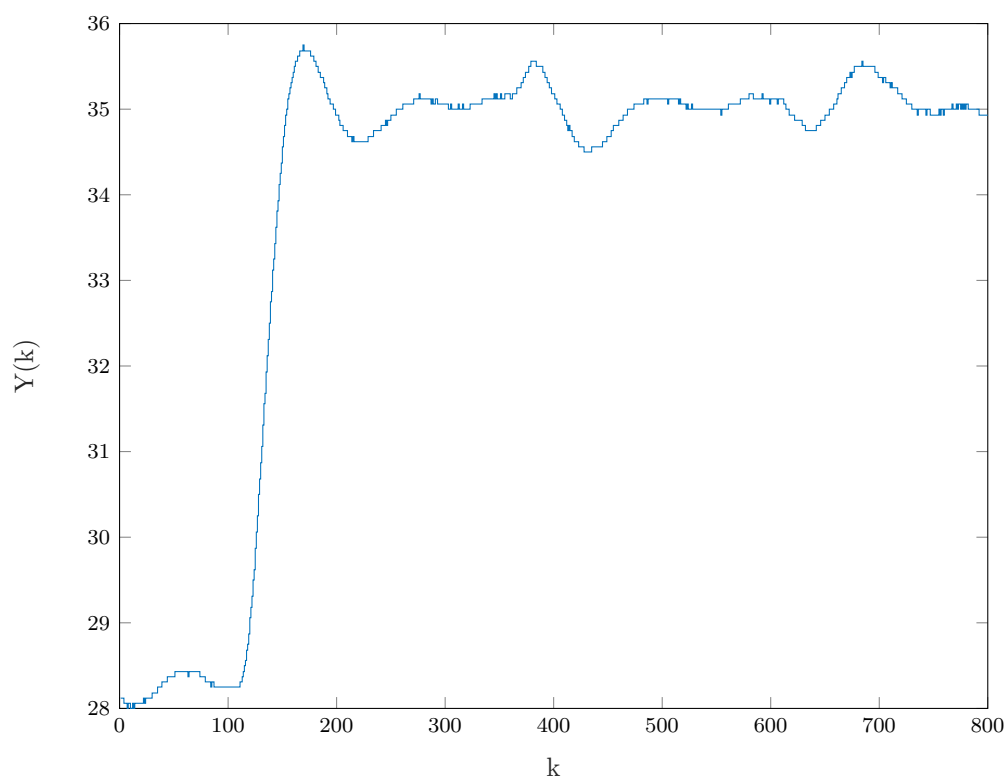
Rys. 2.16. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ bez pomiaru zakłócenia



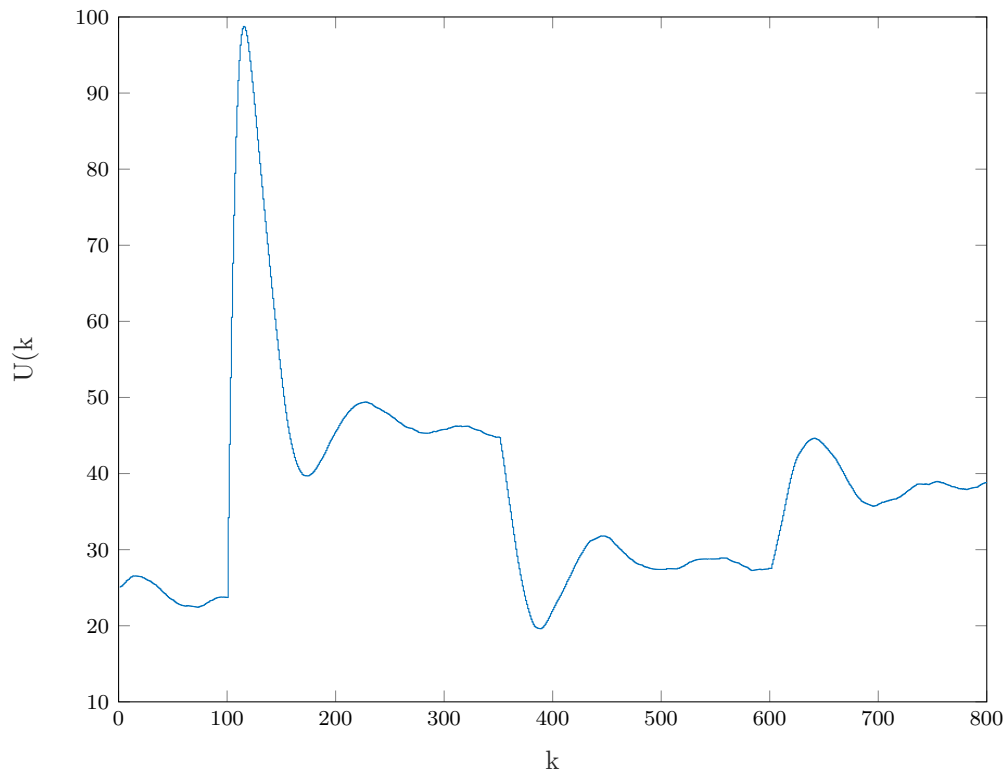
Rys. 2.17. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ bez pomiaru zakłócenia

$$E = 1,4576 * 10^3 \quad (2.10)$$

Włączamy pomiar zakłóceń.



Rys. 2.18. Wyjście procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ z pomiarem zakłócenia



Rys. 2.19. Sterowanie procesu z regulatorem DMC dla parametrów $D = 340$, $N = 30$, $N_u = 1$, $\lambda = 0,4$ z pomiarem zakłócenia

$$E = 1,2734 * 10^3 \quad (2.11)$$

Jak widać, regulacja z pomiarem jest bardziej precyzyjna.