

# STP - Projekt 2.24

Jakub Postępski

18 stycznia 2018

Kolejne pliki z katalogu *matlab* odpowiadają zadaniom w kolejnych podsekcjach sprawozdania.

# 1 Wyznaczanie modeli rekurencyjnych

Dla podanych danych wyznaczono modele rekurencyjne (tab. 1).

Wybrano najlepszy model dla  $\tau = 6$  (rys. 1). Współczynniki:  $b_6 = -0.1854$ ,  $b_7 = -0.918$ ,  $a_1 = -1.0403$ ,  $a_2 = 0.1135$ . Dlatego:

$$y(k) + a_1y(k-1) + a_2y(k-2) = b_6u(k-6) + b_7u(k-7)$$

Po zastosowaniu transformaty Z:

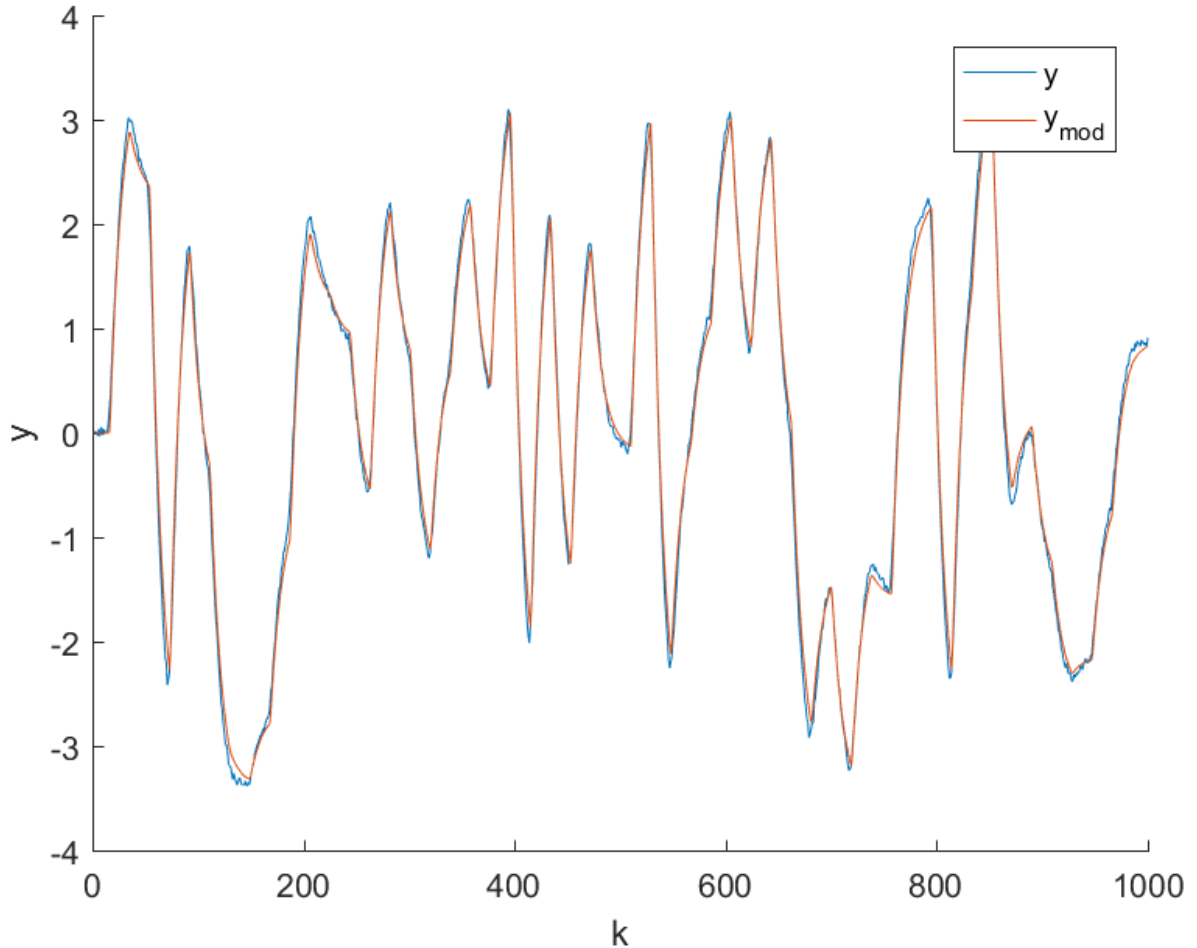
$$(1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2})Y(z) = (b_6z^{-6} + b_7z^{-7})U(z)$$

Więc transmitancja:

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_6z^{-6} + b_7z^{-7}}{1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2}} = \frac{-0.1854z^{-6} - 0.918z^{-7}}{1 - 1.0403z^{-1} + 0.1135z^{-2}}$$

$\tau$	$b_\tau$	$b_{\tau+1}$	$-a_1$	$-a_2$	$E$
1	-0.0082	-0.0679	1.6619	-0.6799	79.2282
2	0.0027	-0.1003	1.5901	-0.6135	54.2224
3	-0.0014	-0.1337	1.4685	-0.5010	39.9572
4	-0.0568	-0.1271	1.3107	-0.3552	32.3080
5	-0.1188	-0.1281	1.1146	-0.1763	20.9694
6	-0.1854	-0.0918	1.0403	-0.1135	16.3988
7	-0.1575	-0.0517	1.2836	-0.3445	46.8691
8	-0.1146	0.0001	1.5764	-0.6144	176.8823

Tablica 1: Porównanie modeli rekurencyjnych



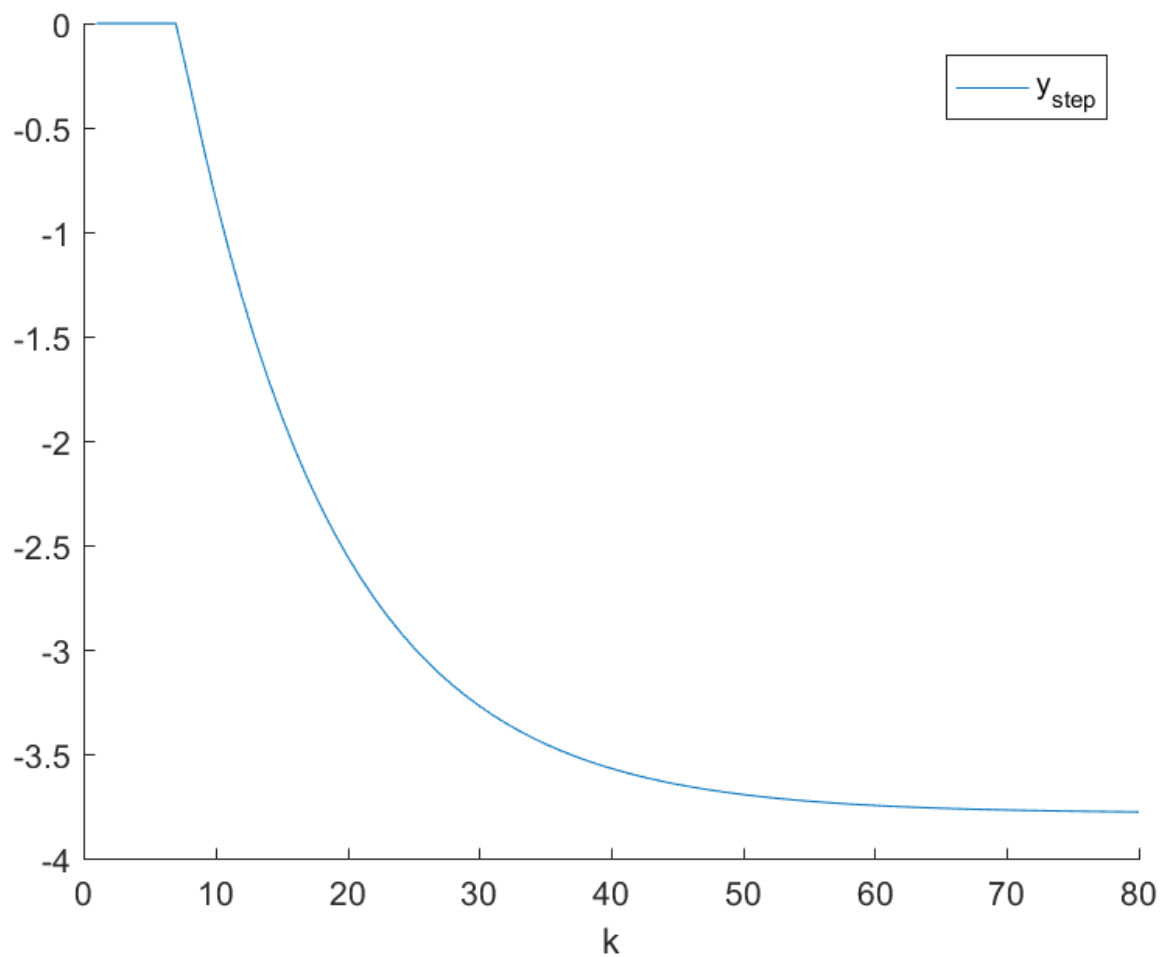
Rysunek 1: Wyjścia modelu dla  $\tau = 6$

## 2 Odpowiedź skokowa

Wykonano (ze wzoru) symulację odpowiedzi skokowej (rys. 2).

Wzmocnienie statyczne:

$$K_{stat} = \lim_{z \rightarrow 1} G(z) = -3.7848$$



Rysunek 2: Odpowiedź skokowa modelu

### 3 Regulator PID

Dla regulatora postaci:

$$G_r(z) = \frac{u(k)}{e(k)} = \frac{r_2 z^{-2} + r_1 z^{-1} + r_0}{1 - z^{-1}}$$

Mamy:

$$r_0 = K(1 + \frac{T}{2T_i} + \frac{T_d}{T})$$

$$r_1 = K(\frac{T}{2T_i} - 2\frac{T_d}{T} - 1)$$

$$r_2 = K\frac{T_d}{T}$$

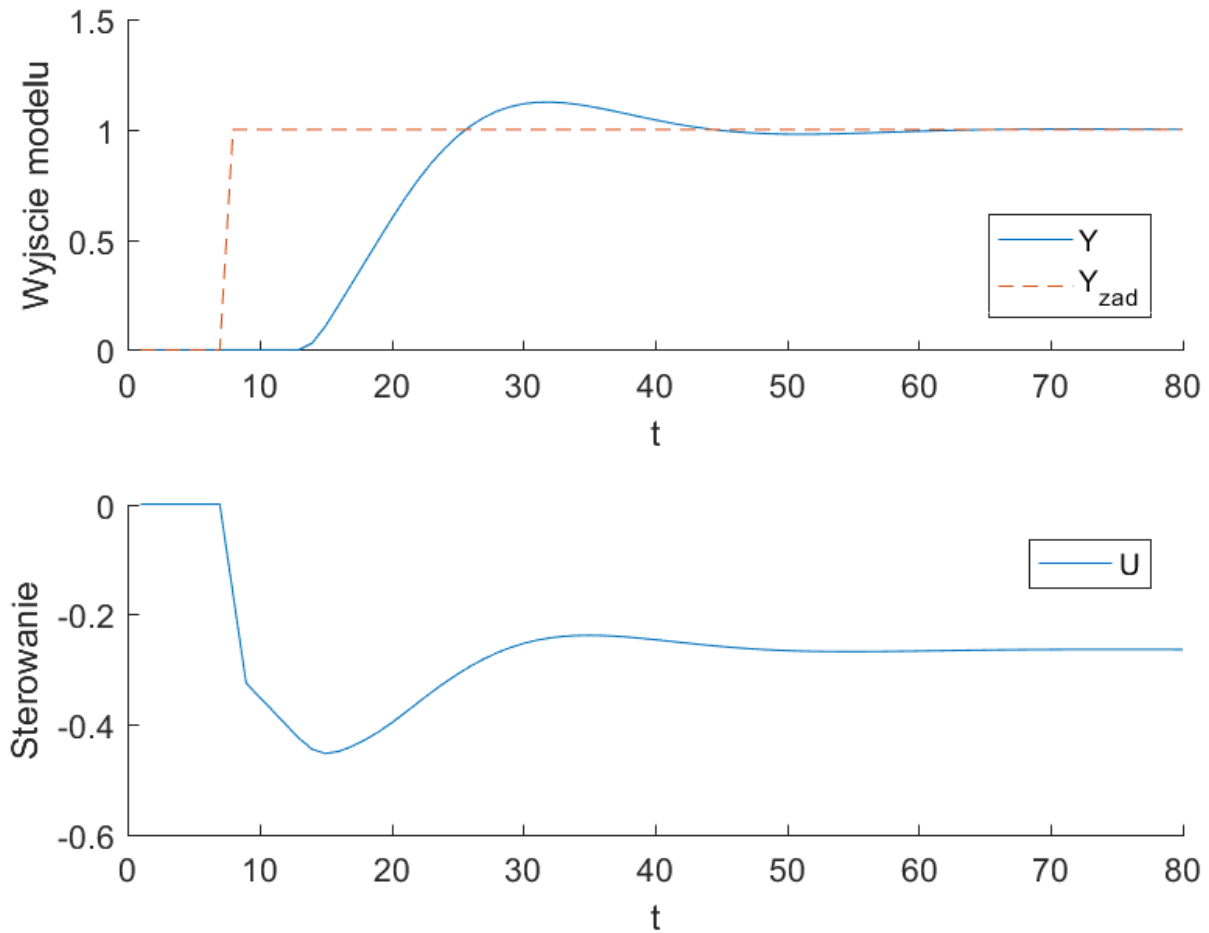
Gdzie  $T = 0.1$  oznacza okres próbkowania.

Brak regulacji metodą Zieglera-Nicholsa. Dobrano nastawy (rys. 3):

$$K = -0.1$$

$$T_i = -0.4$$

$$T_d = -0.05$$

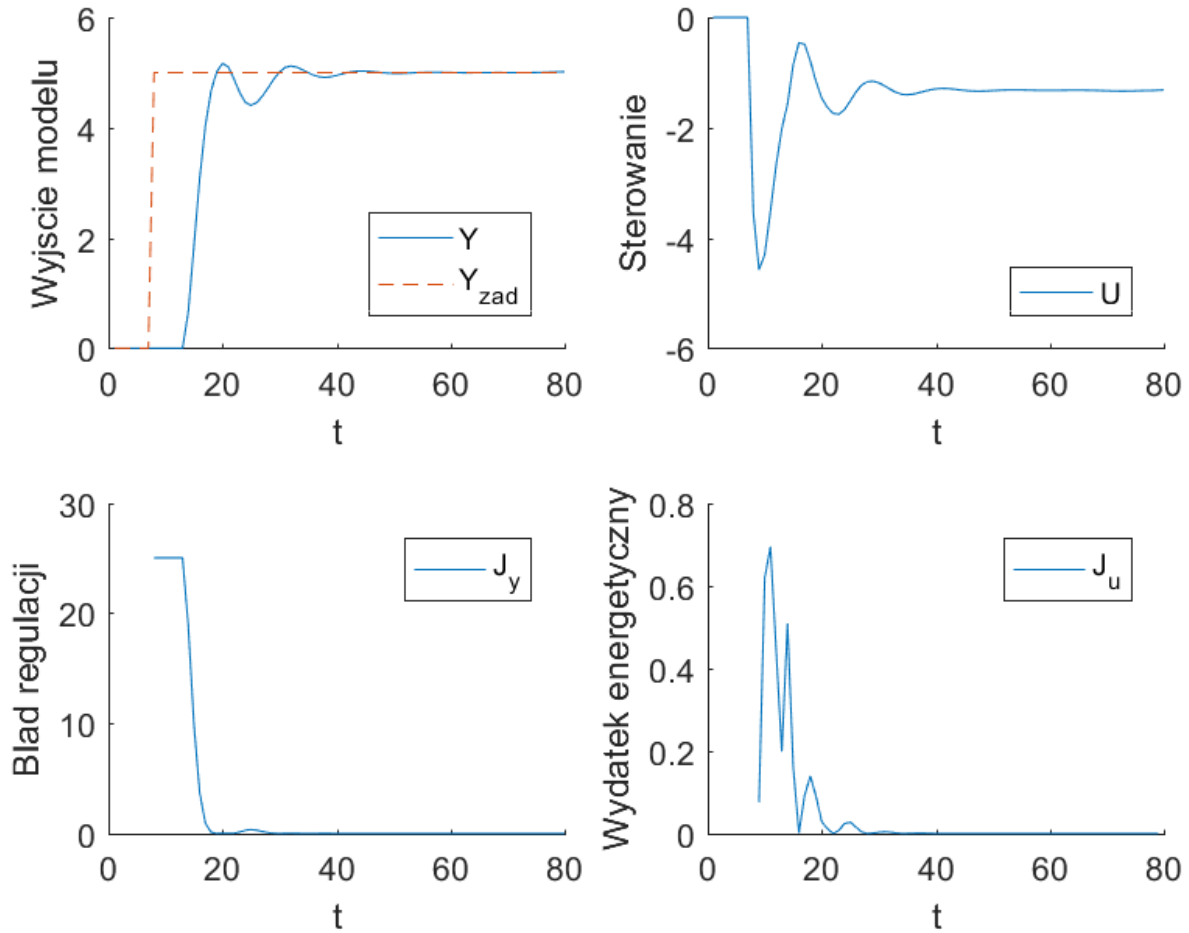


Rysunek 3: Symulacja regulatora PID

## 4 Regulator DMC

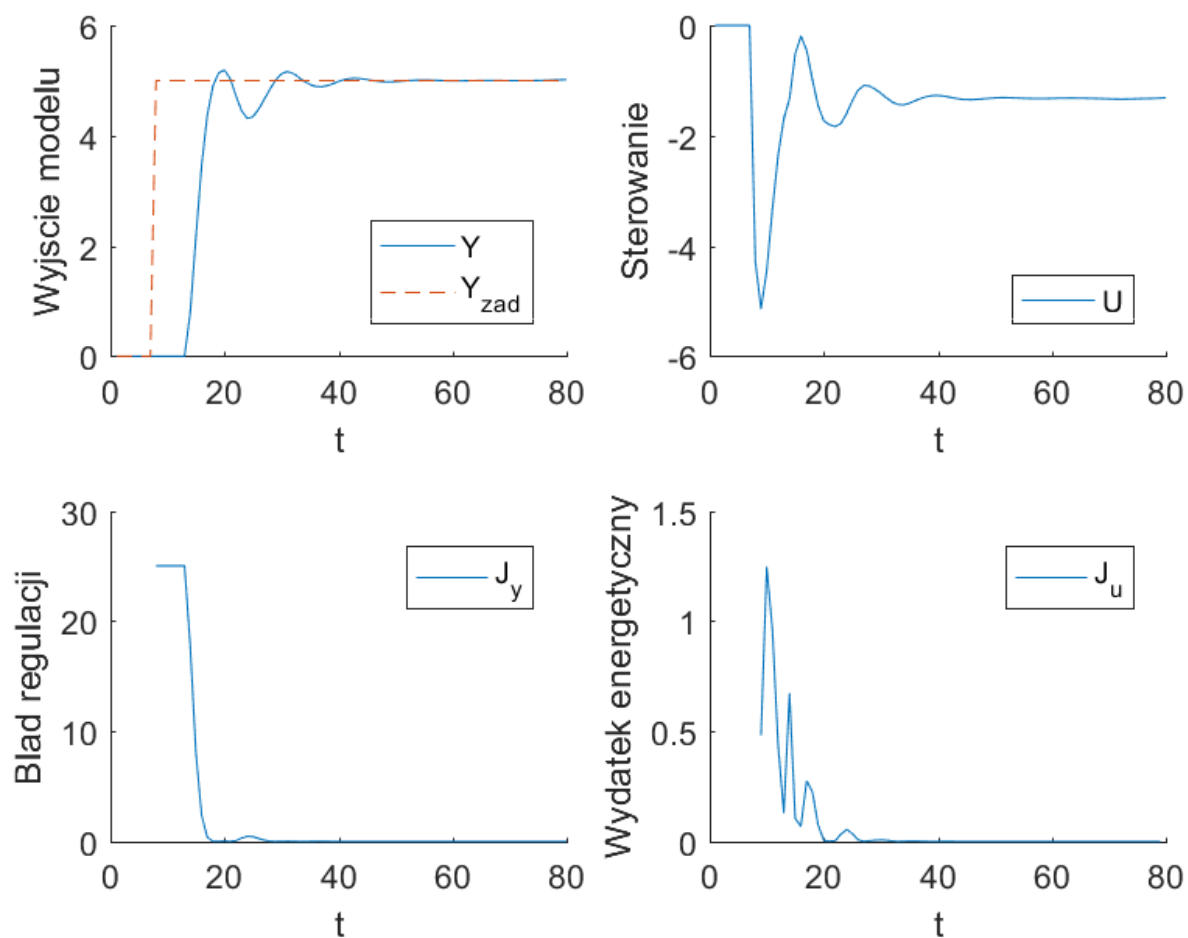
### 4.1 Strojenie nastawów

Przyjęto  $Y_{zad} = 5$ . Dla podpunktów a) do d) dobrano regulator ( $D = 70$ ,  $N = 20$ ,  $N_u = 6$ ,  $\lambda = 1$ ) o odpowiednio małych horyzontach nie pogarszających regulacji (rys. 4). Uzyskano  $J_y = 4.23$  oraz  $J_u = 184.99$ .



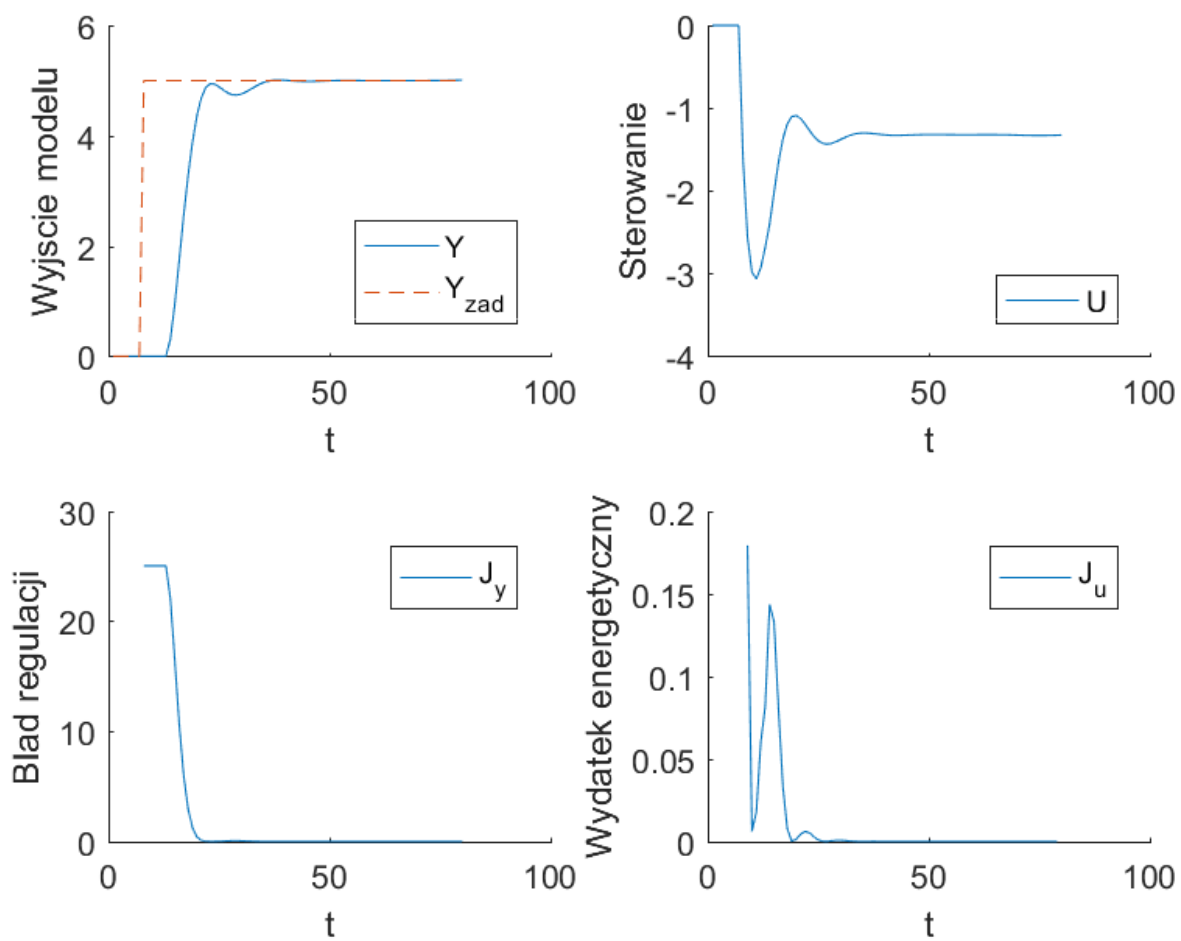
Rysunek 4: Symulacja regulacji dla  $D = 70$ ,  $N = 20$ ,  $N_u = 6$ ,  $\lambda = 1$

Przy zmniejszaniu wartości parametru  $\lambda$  uzyskiwano gorszej jakości wyjście modelu (większe oscylacje) oraz mniejsze zmiany sterowania (np.  $J_y = 5.60$ ,  $J_u = 180.31$  dla symulacji z rys. 5)



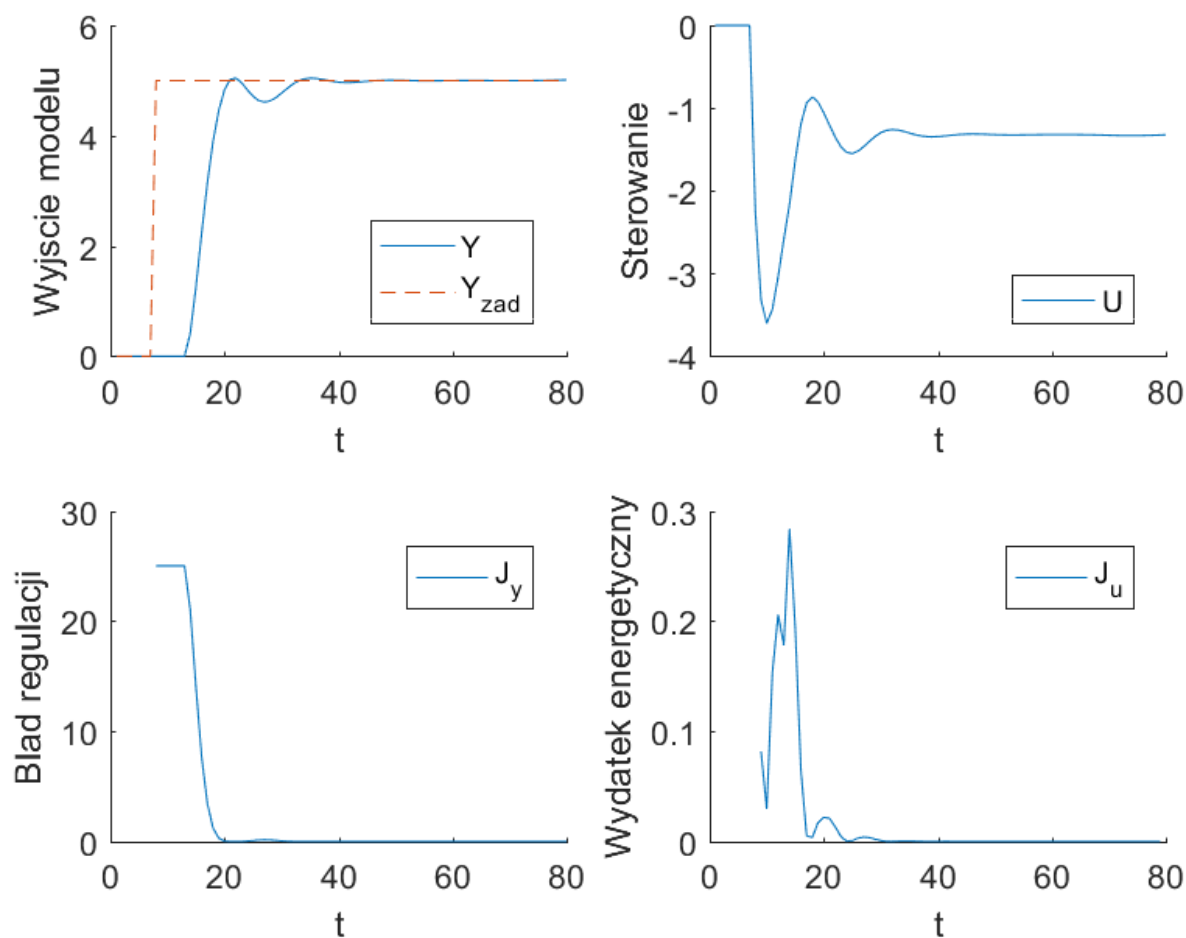
Rysunek 5: Symulacja regulacji dla  $D = 70$ ,  $N = 20$ ,  $N_u = 6$ ,  $\lambda = 0.6$

Przy zwiększaniu wartości parametru  $\lambda$  uzyskiwano lepszej jakości wyjście modelu (mniejsze oscylacje, brak przeregulowania) i wejście o większych zmianach (np.  $J_y = 1.63$ ,  $J_u = 210.50$  dla symulacji z rys. 6



Rysunek 6: Symulacja regulacji dla  $D = 70$ ,  $N = 20$ ,  $N_u = 6$ ,  $\lambda = 6$

Ostatecznie ustalono optymalne nastawy dla  $\lambda = 3$  ( $J_y = 2.43$ ,  $J_u = 198.40$ , rys. 7).

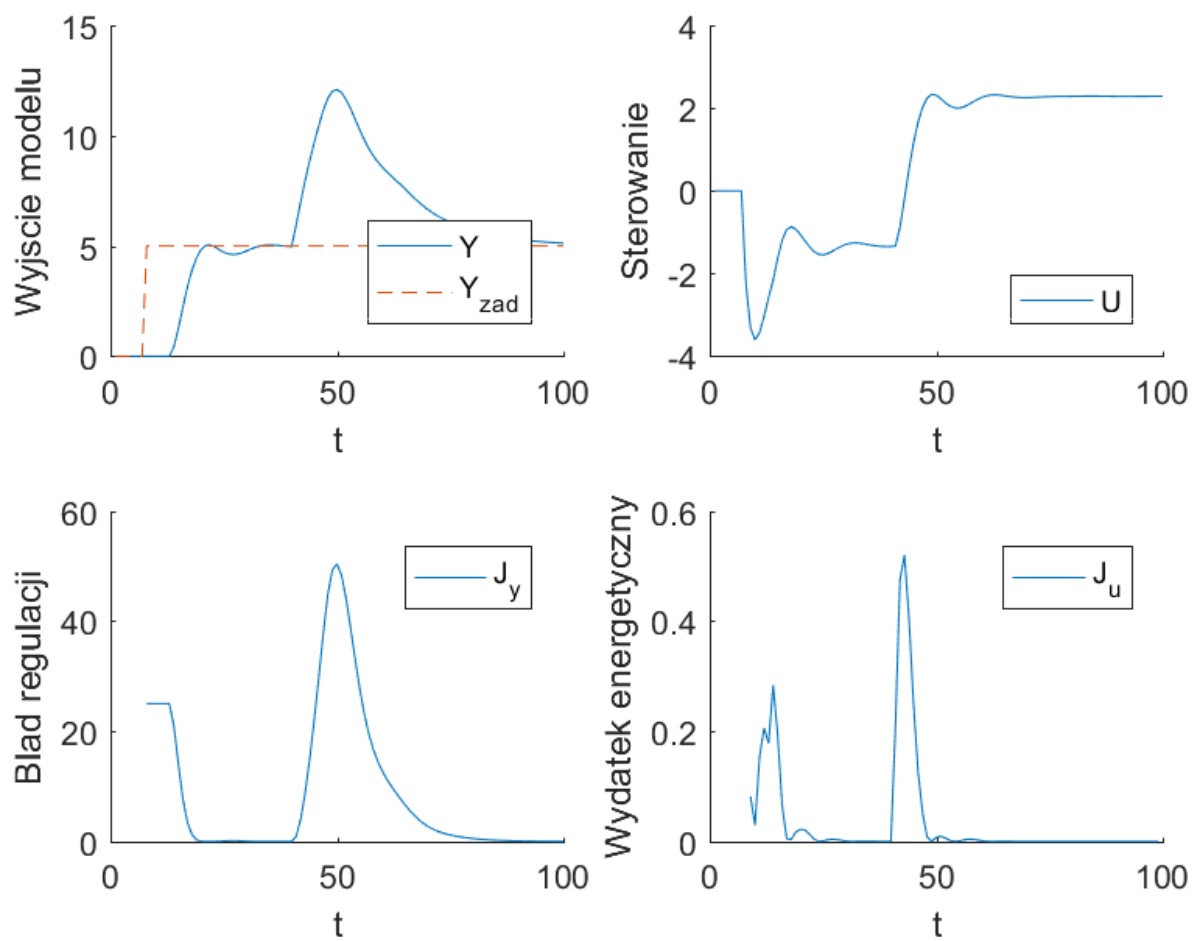


Rysunek 7: Symulacja regulacji dla  $D = 70$ ,  $N = 20$ ,  $N_u = 6$ ,  $\lambda = 3$

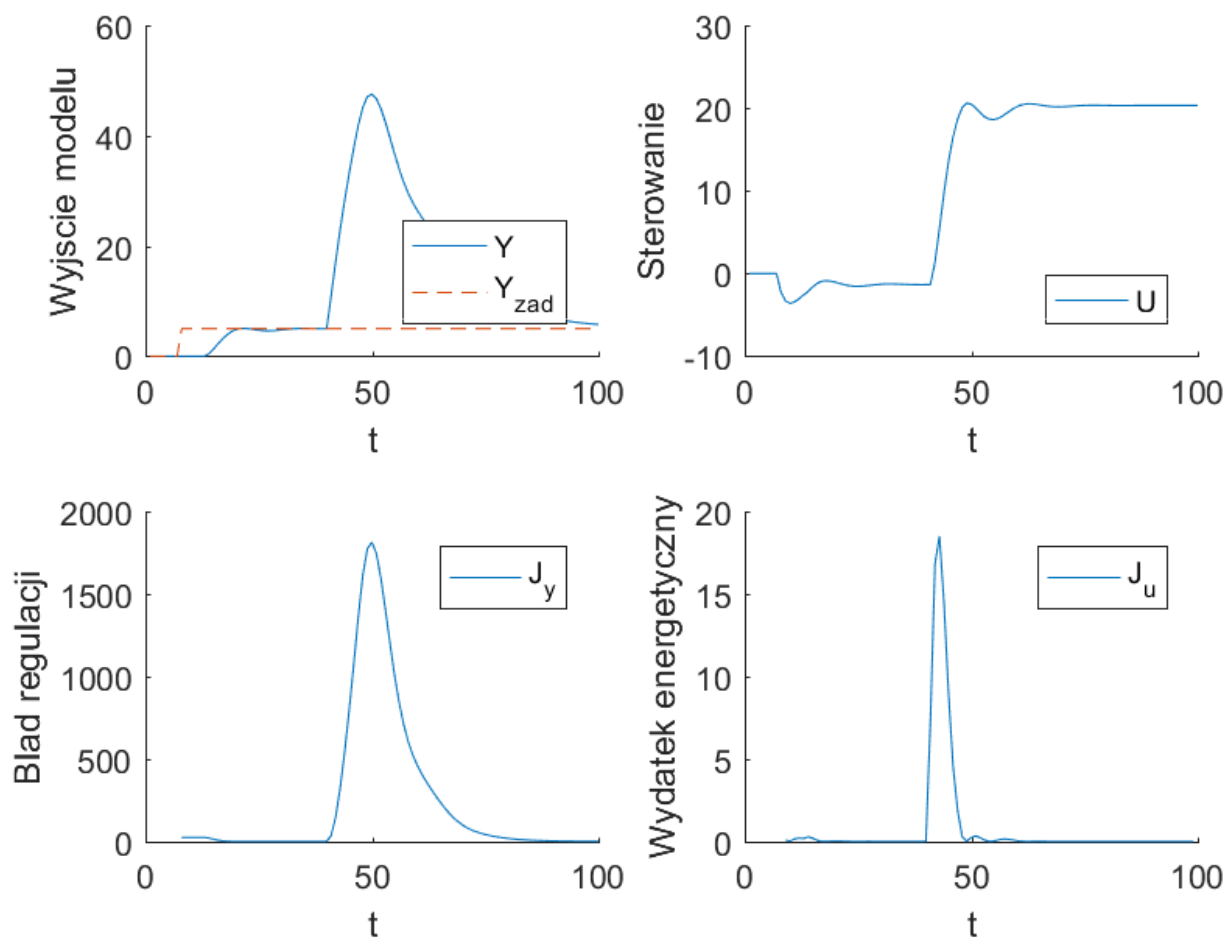
## 4.2 Niemierzalne zakłócenie wyjścia

Do wyjścia modelu dodano zakłócenie wartości  $Y_{szum} = 1$  od chwili  $T = 40$  (rys. 8). Spowodowało to zmianę w sterowaniu modelem przez regulator i zmianę w przebiegu wyjścia modelu lecz ostatecznie poprawną regulację. Nawet podczas dalszego zwiększania (np.  $Y_{szum} = 6$ , rys. 9) obiekt był regulowany poprawnie, co spowodowane wykorzystaniem różnic poprzednich sterowań w regulatorze.





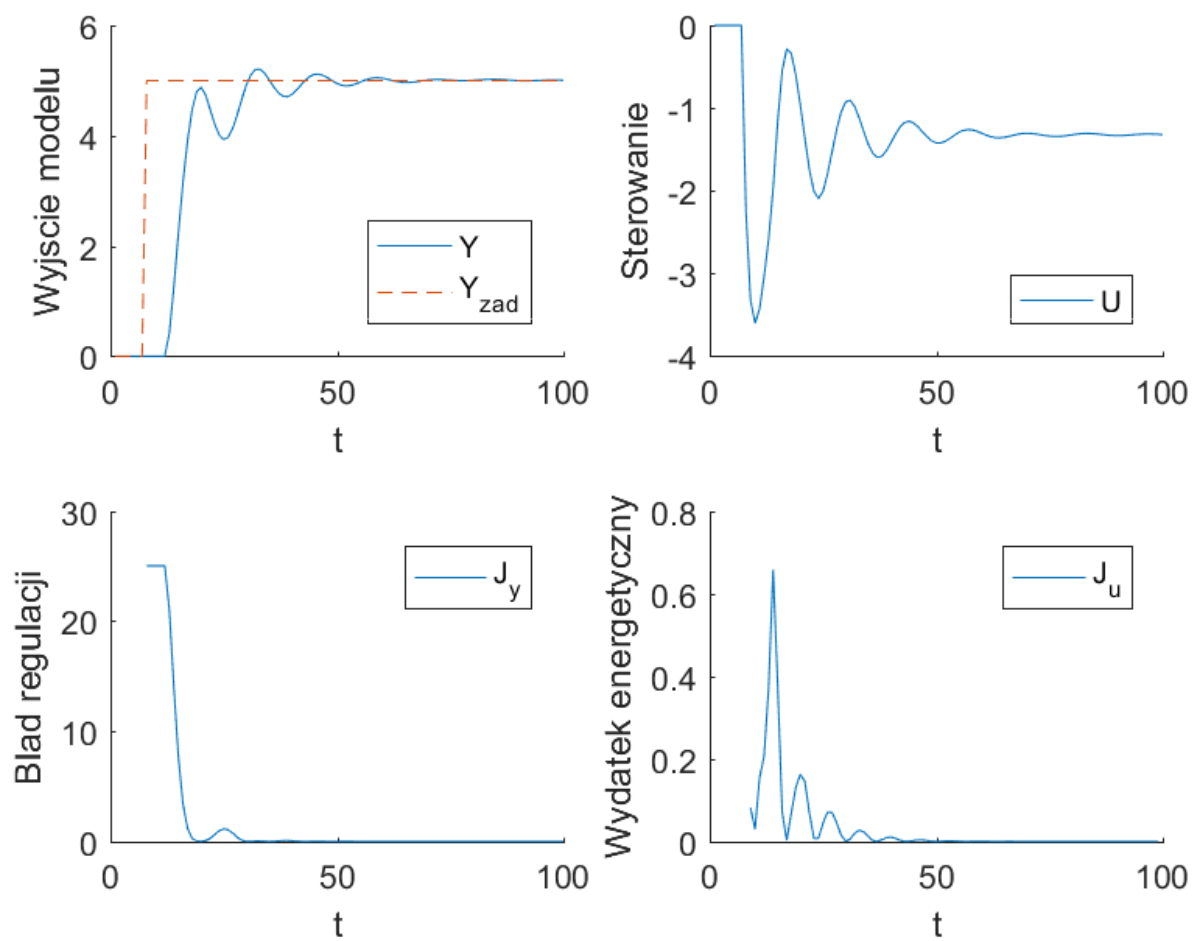
Rysunek 8: Symulacja regulacji z niemierzalnym zakłóceniem wartości 1.



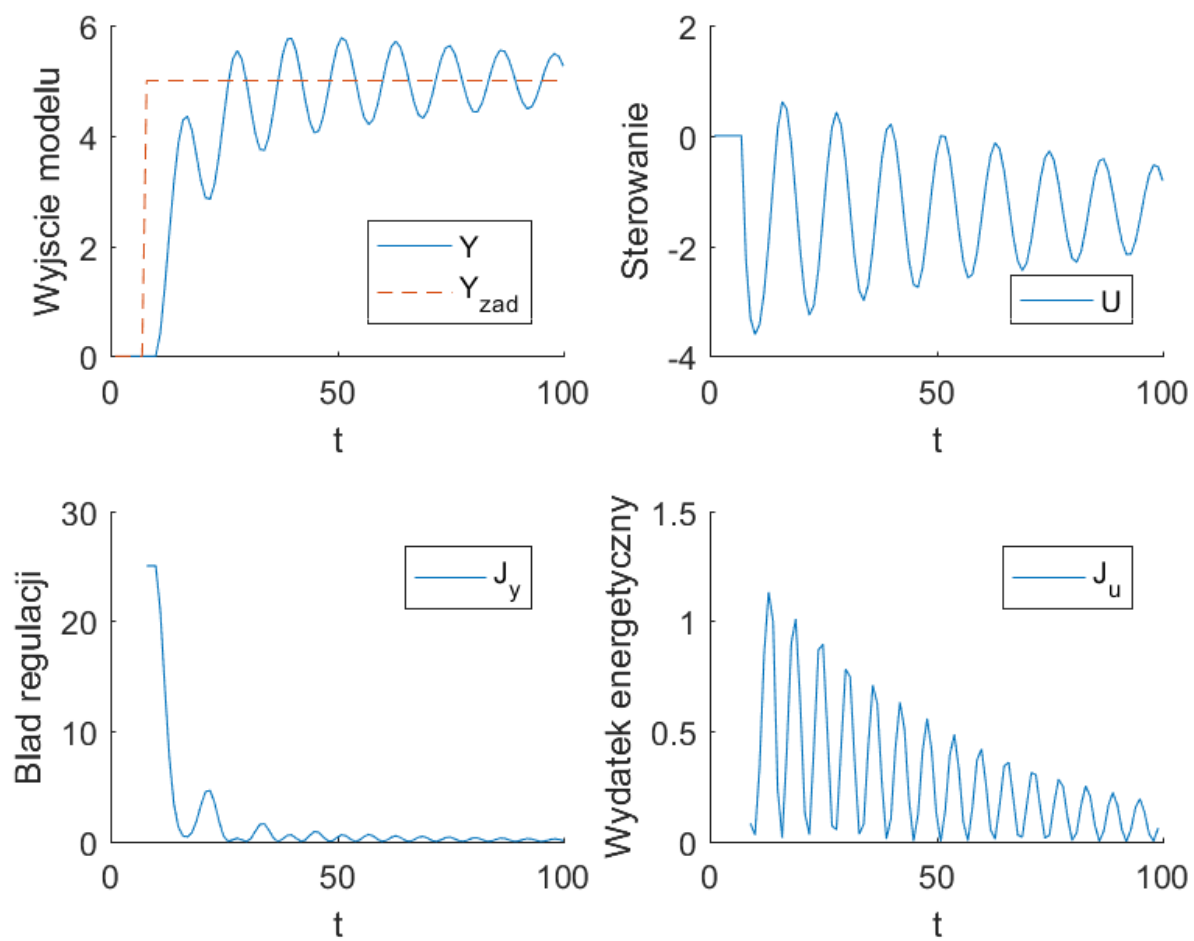
Rysunek 9: Symulacja regulacji z niemierzalnym zakłóceniem wartości 6.

### 4.3 Testowanie odporności

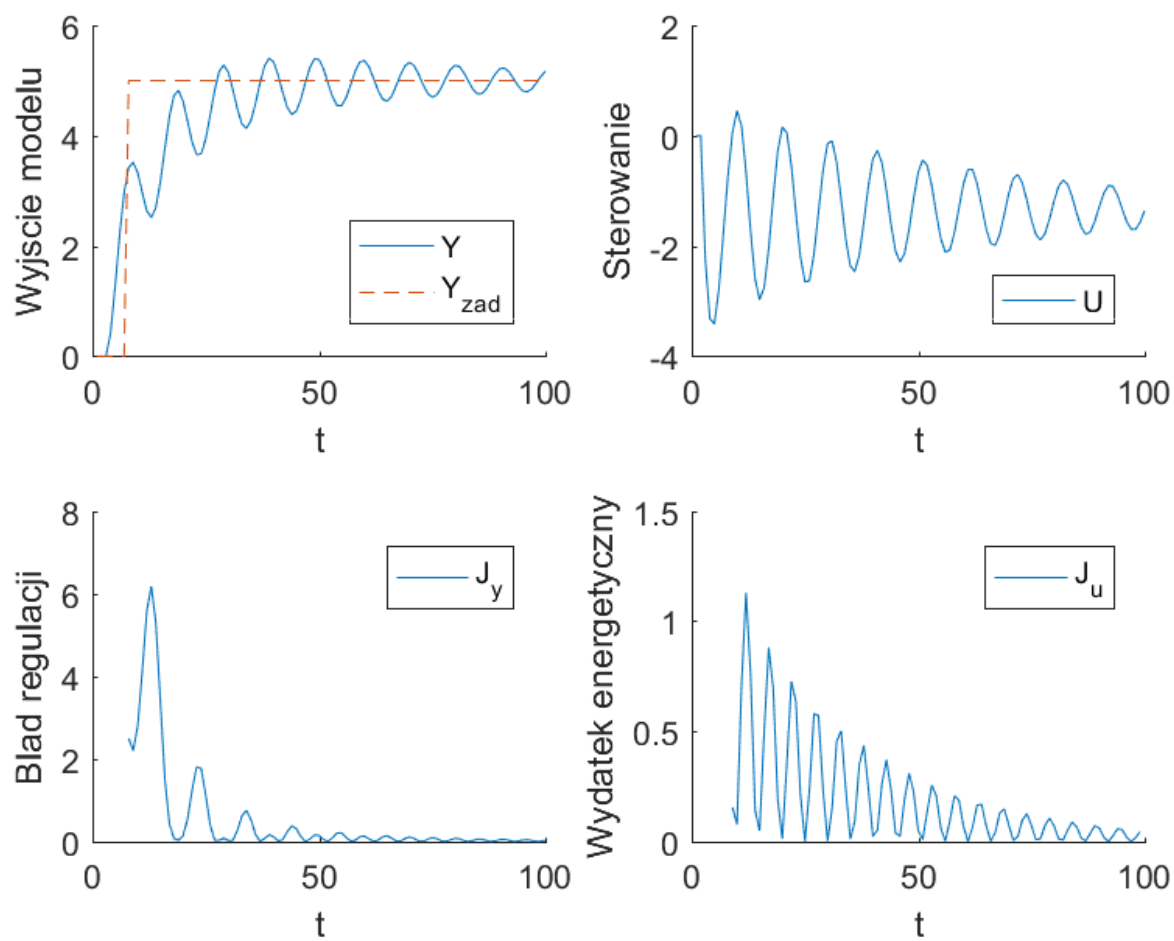
Przyjęto w/w parametry regulacji. Dla zmniejszonego czasu odpowiedzi występują oscylacje wejścia i wyjścia modelu (rys. 10, rys.11, rys.12). Dla zwiększonego czasu odpowiedzi występują oscylacje sygnału wejściowego i pogorszenie regulacji (rys. 13, 14, 15). Dla opóźnień oraz małych przyspieszeń inercji obiektu udaje się uzyskać regulację.



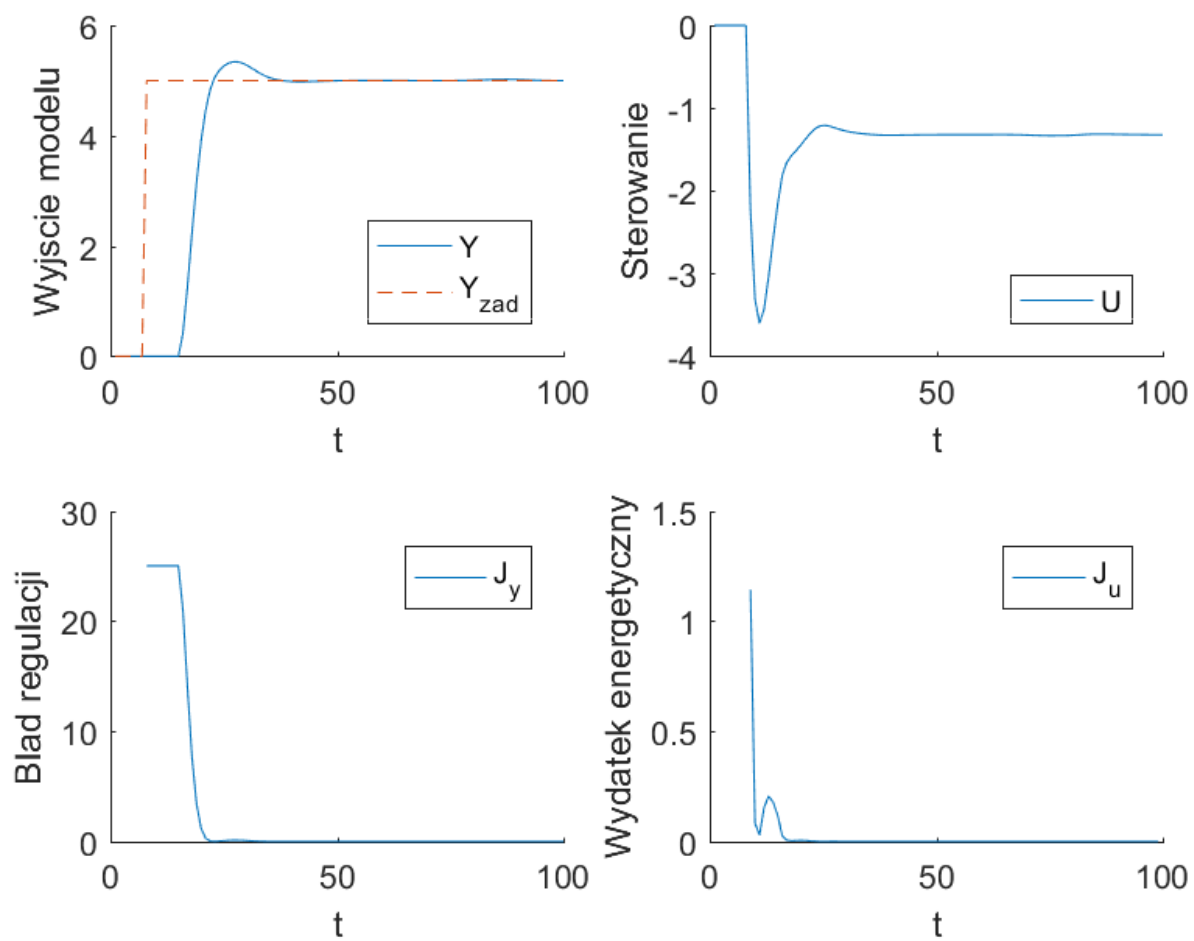
Rysunek 10: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6 u(k-5) + b_7 u(k-6) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$ .



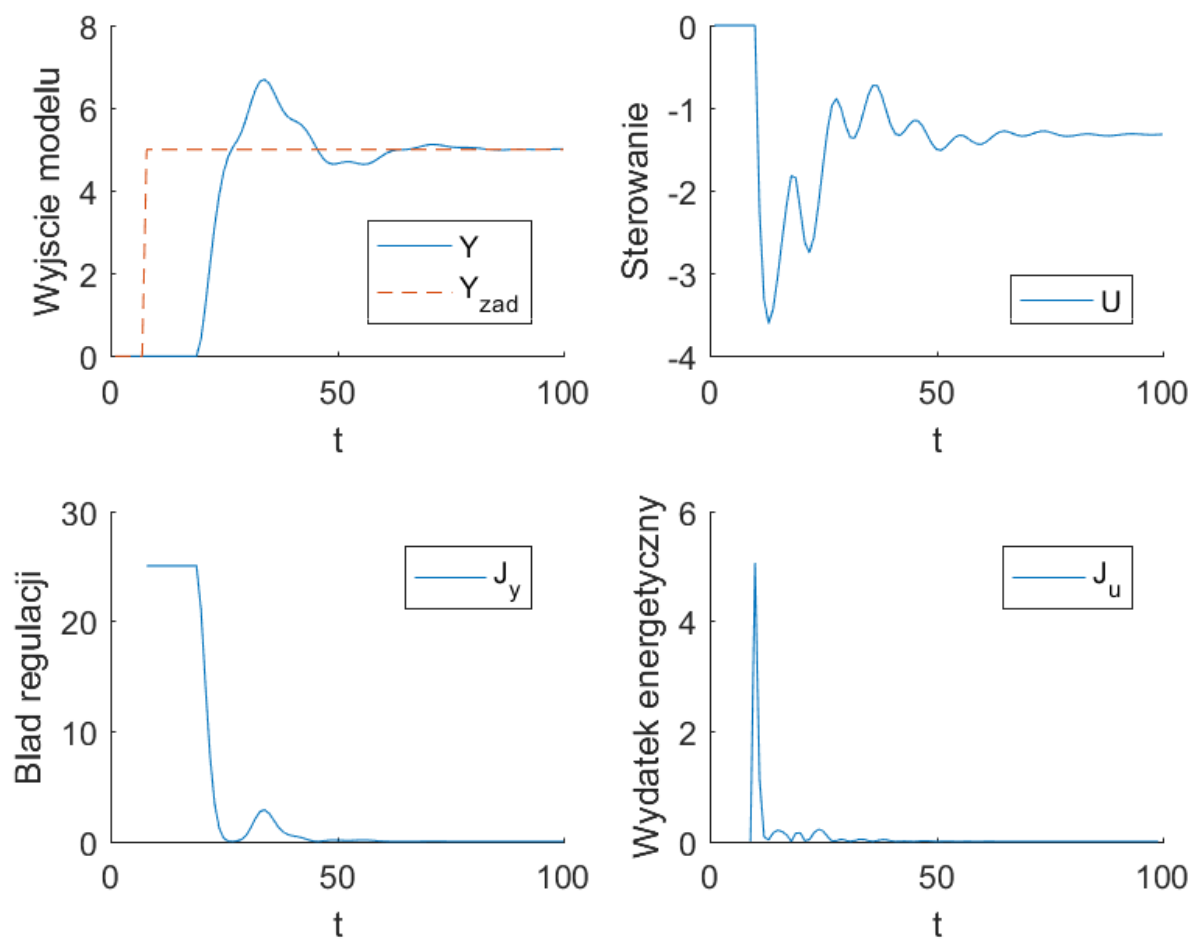
Rysunek 11: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6 u(k-3) + b_7 u(k-4) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$ .



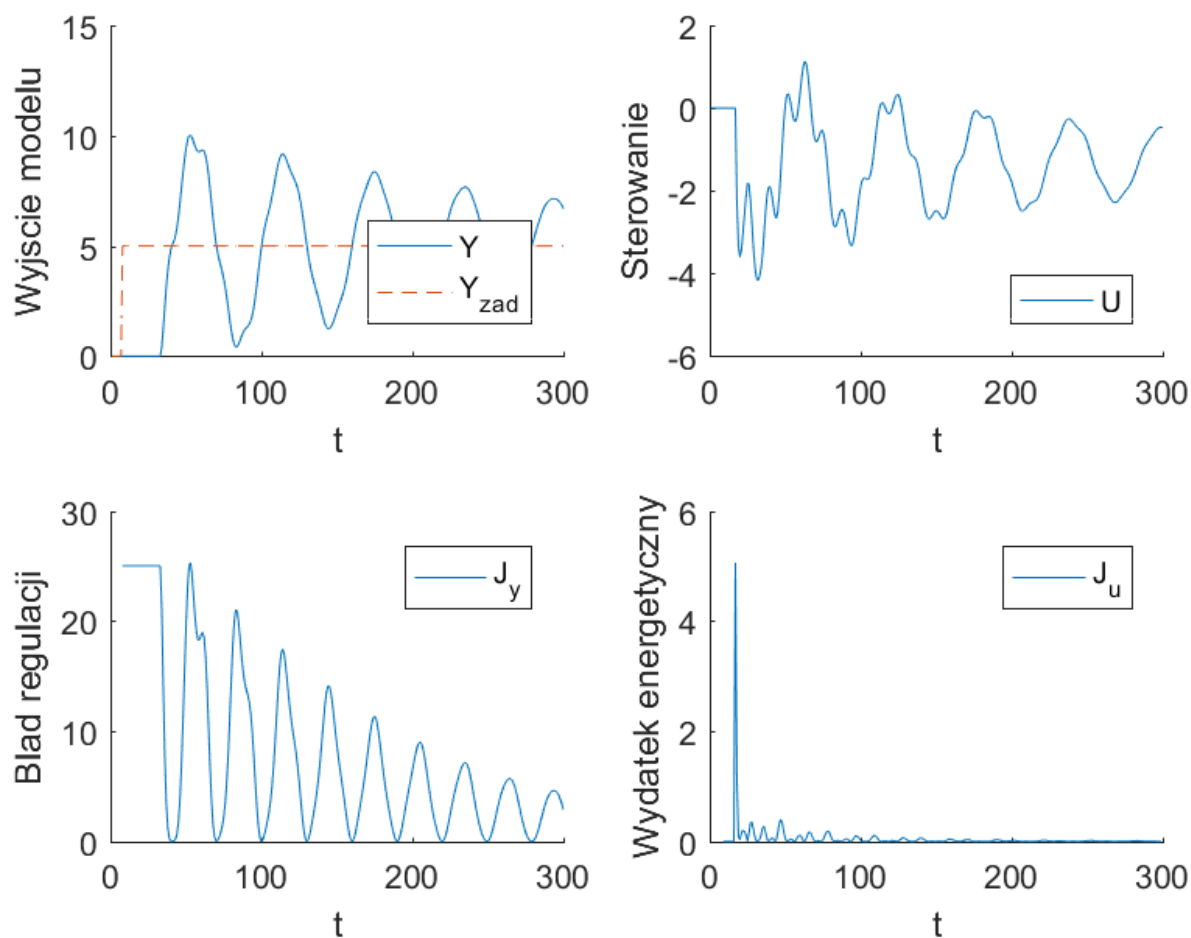
Rysunek 12: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6 u(k-1) + b_7 u(k-2) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$ .



Rysunek 13: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6 u(k-7) + b_7 u(k-8) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$ .



Rysunek 14: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6u(k-9) + b_7u(k-10) - a_1y(k-1) - a_2y(k-2)$ .



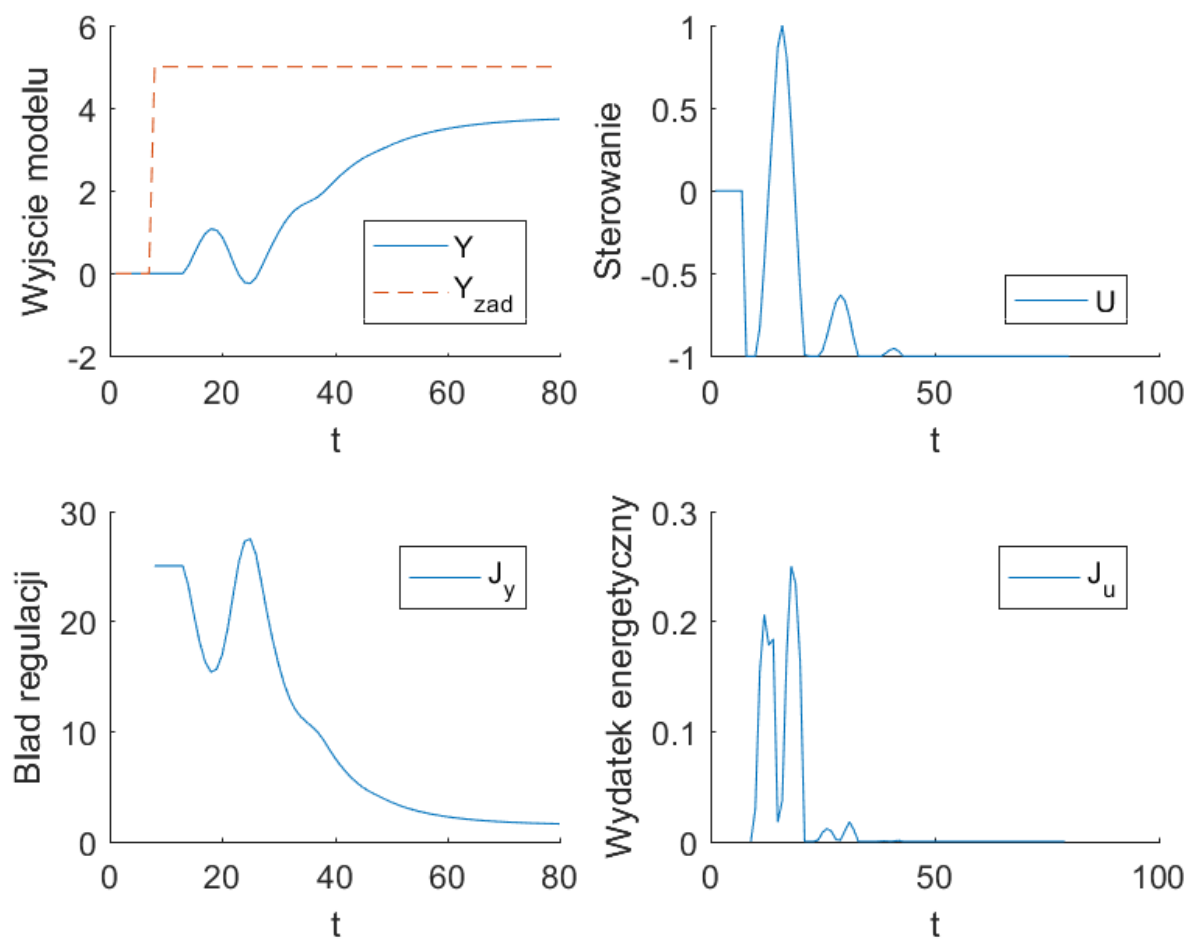
Rysunek 15: Testowanie odporności dla  $y(k) = b_6 u(k-16) + b_7 u(k-17) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$ .

#### 4.4 Ograniczenia wartości i zmiany sygnału sterującego

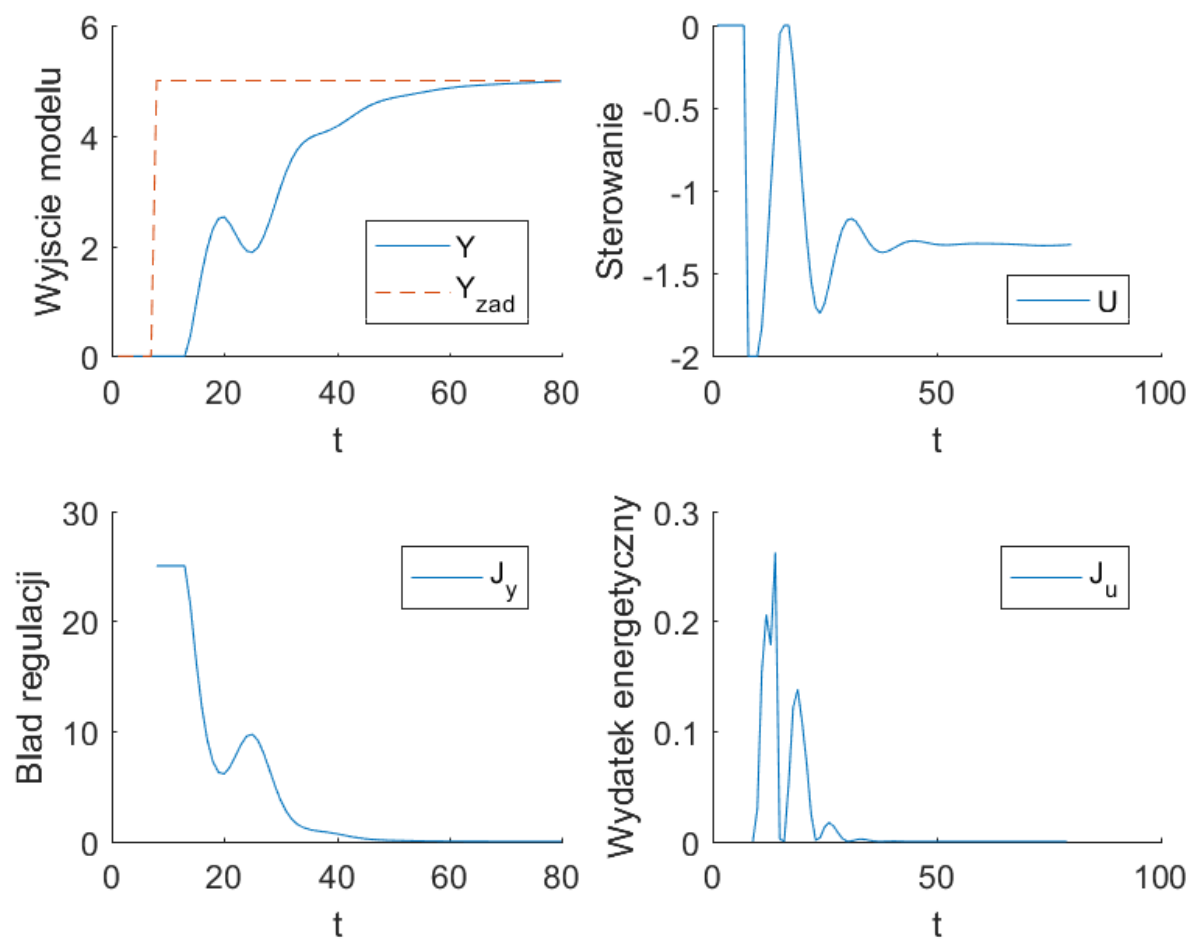
Dla wyżej przyjętych optymalnych parametrów regulacji:

- Dla ograniczeń wyłączenie wartości nie zawsze udaje się osiągnąć regulację (np. rys. 16) lub regulacja jest wolniejsza (np. rys. 17). Może nastąpić zmniejszenie wydatku energetycznego.  $J_u$ . Zmniejszenie stabilności.
- Dla ograniczeń wyłącznie zmiany sygnału sterującego większe przeregulowanie (np. rys. 18). W skrajnych przypadkach brak regulacji, oscylacje wejścia i wyjścia (np. rys. 19). Zmniejszenie szybkości regulacji i reagowania na zmiany.
- Najlepszy przebieg otrzymujemy bez wprowadzania ograniczeń (rys. 7).

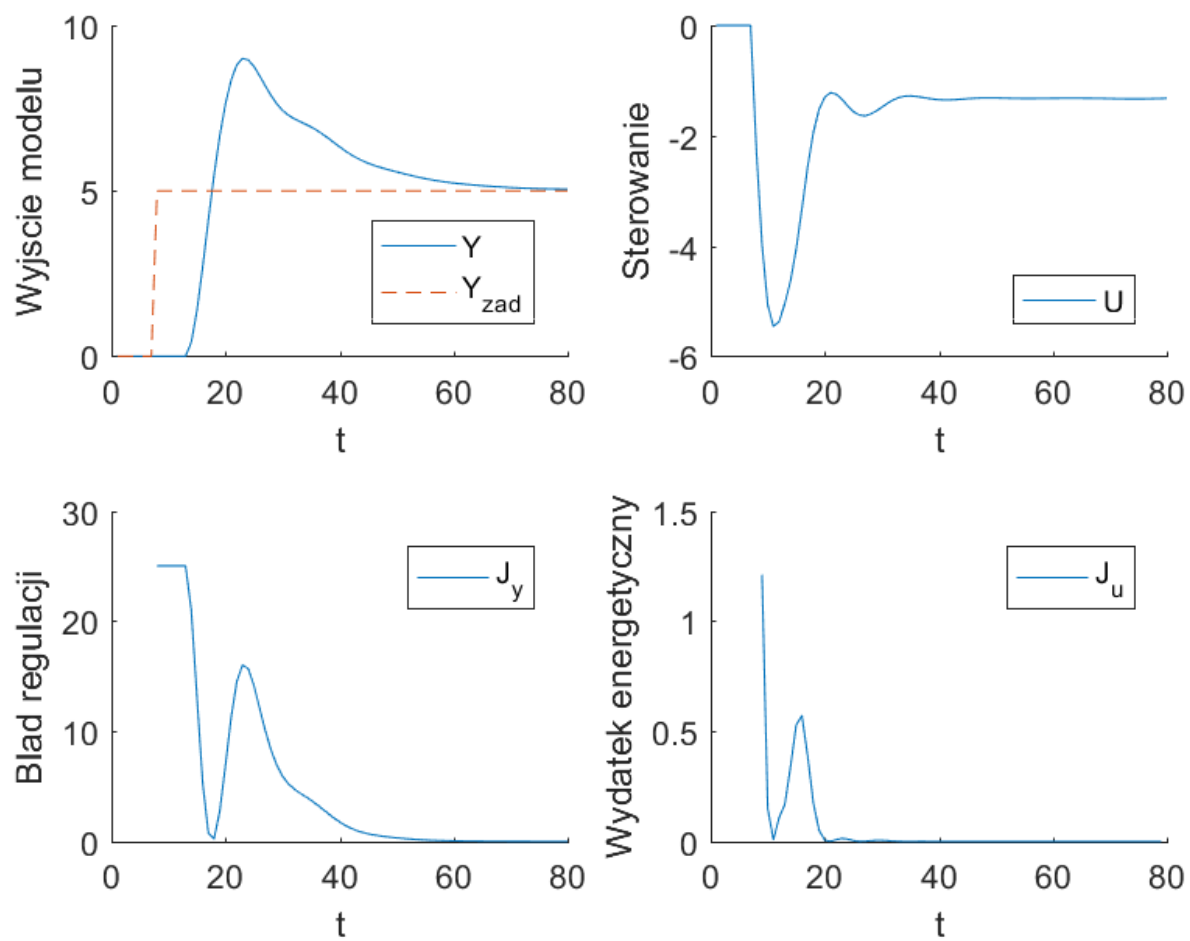




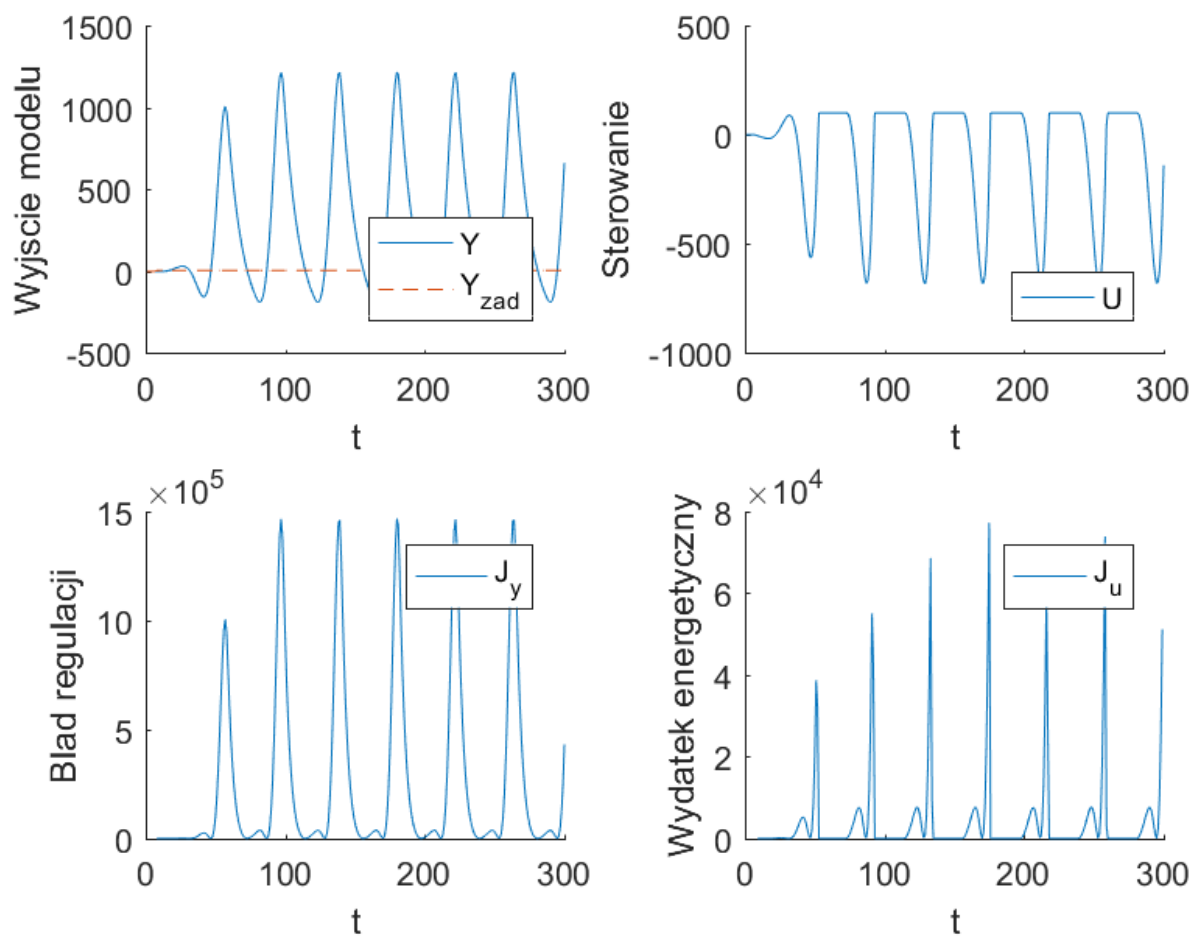
Rysunek 16: Ograniczenie  $-1 < u(k) < 1$



Rysunek 17: Ograniczenie  $-2 < u(k) < 0$



Rysunek 18: Ograniczenie  $\Delta u < 1$



Rysunek 19: Ograniczenie  $\Delta u < 0.1$