Tomasz Indeka

STP – Sterowanie procesami

Projekt 1, zadanie 15

Sprawozdanie

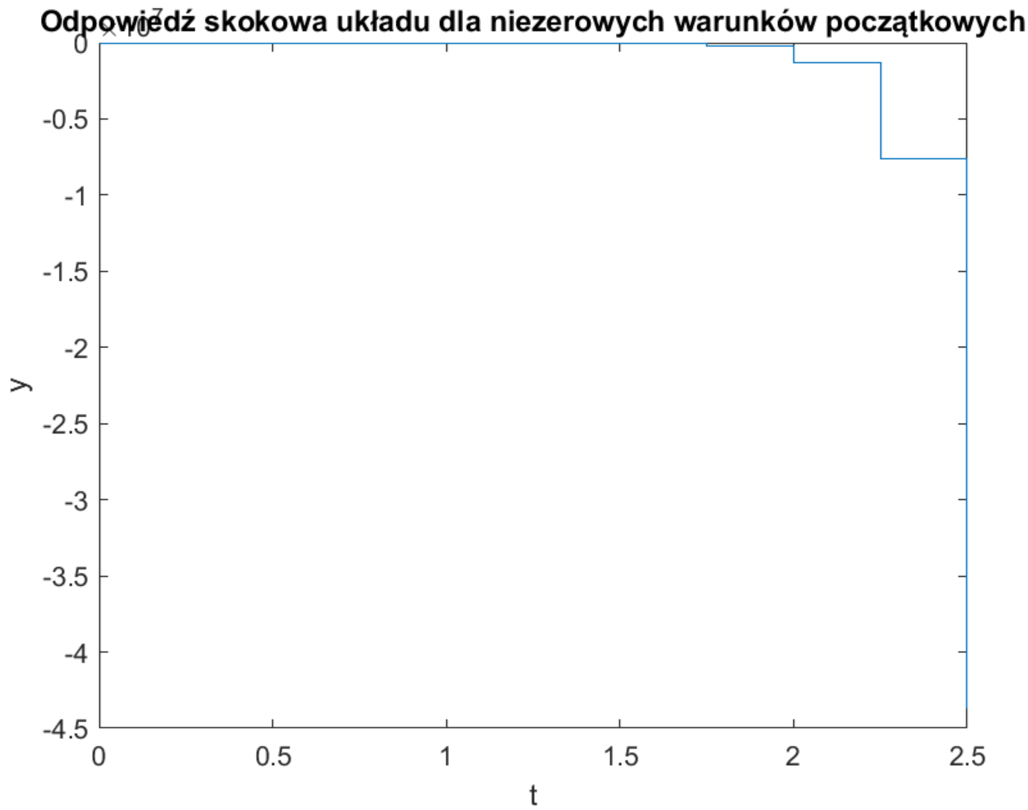
Transmitancja ciągła modelu: $G(s) = \frac{(s+1.5)(s+4.5)}{(s-7)(s+6)(s+8)}$, co po przekształceniu daje: $G(s) = \frac{s^2+6s+6.75}{s^3+7s^2-50s-336}$

1. Transmitancja dyskretna przy okresie próbkowania 0.25s i ekstrapolatorze zerowego rzędu:
   $G(z) = \frac{0.3888z^2-0.4140z+0.0893}{z^3-6.1131z^2+2.0930z-0.1738}$
   Bieguny transmitancji ciągłej: $-8, -6{,}7$
   Zera transmitancji ciągłej: $-1.5, -4.5$
   Bieguny transmitancji dyskretnej: $5.7546, 0.2231, 0.1353$
   Zera transmitancji dyskretnej: $0.7640, 0.3007$
2. Po zastosowaniu pierwszej i drugiej metody bezpośredniej otrzymałem macierze A, B, C, D modelu; kolejno:
   $A1 = \begin{bmatrix} 6.1131 & -2.0930 & 0.1738 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, B1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
   $C1 = [0.3888 \quad -0.4140 \quad 0.0893], D1 = 0$

   $A2 = \begin{bmatrix} 6.1131 & 1 & 0 \\ -2.0930 & 0 & 1 \\ 0.1738 & 0 & 0 \end{bmatrix}, B2 = \begin{bmatrix} 0.3888 \\ -0.4140 \\ 0.0893 \end{bmatrix}$
   $C2 = [1 \quad 0 \quad 0], D2 = 0$

   Struktura szczegółowa została przedstawiona w pliku: p2sim.slx
3. Do wykazania równoważności powyższych modeli dyskretnych wykorzystałem wzór na transmitancję: $G(z) = C(zI - A)^{-1}B + D$
   Z obliczeń wykonanych w Matlabie jednoznacznie wynika, że obie transmitancje są równe i odpowiadają transmitancji obliczonej w pkt 1.

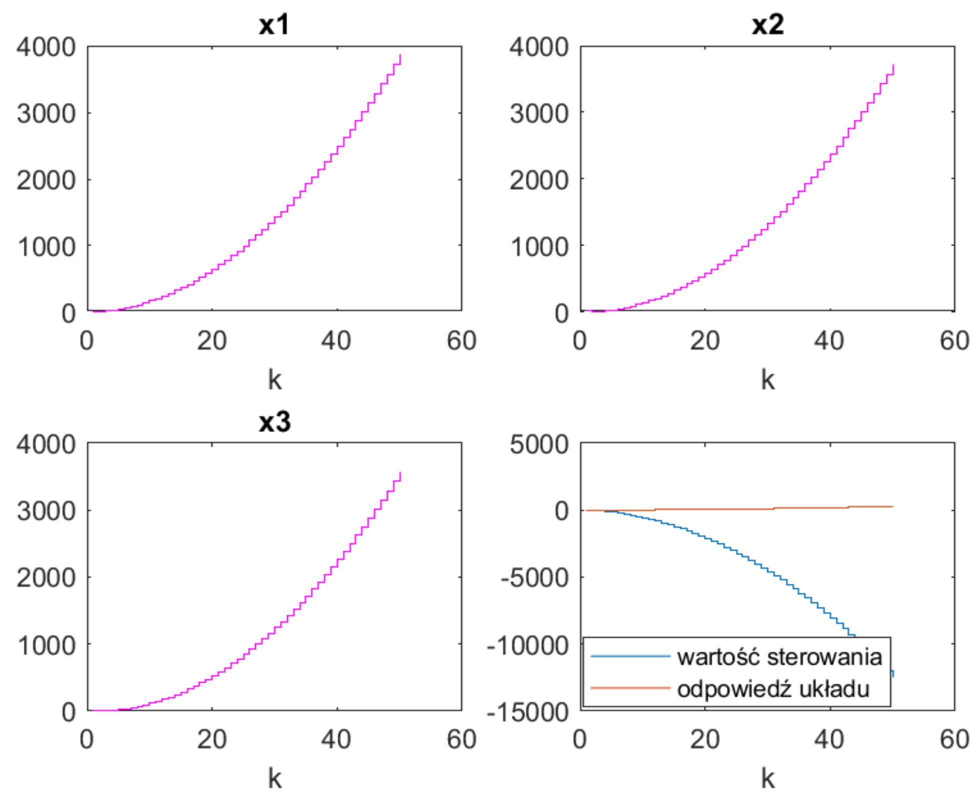
4. Z racji równoważności powyższych transmitancji do obliczeń wykorzystałem model transmitancji G1 zasymulowany w Simulinku



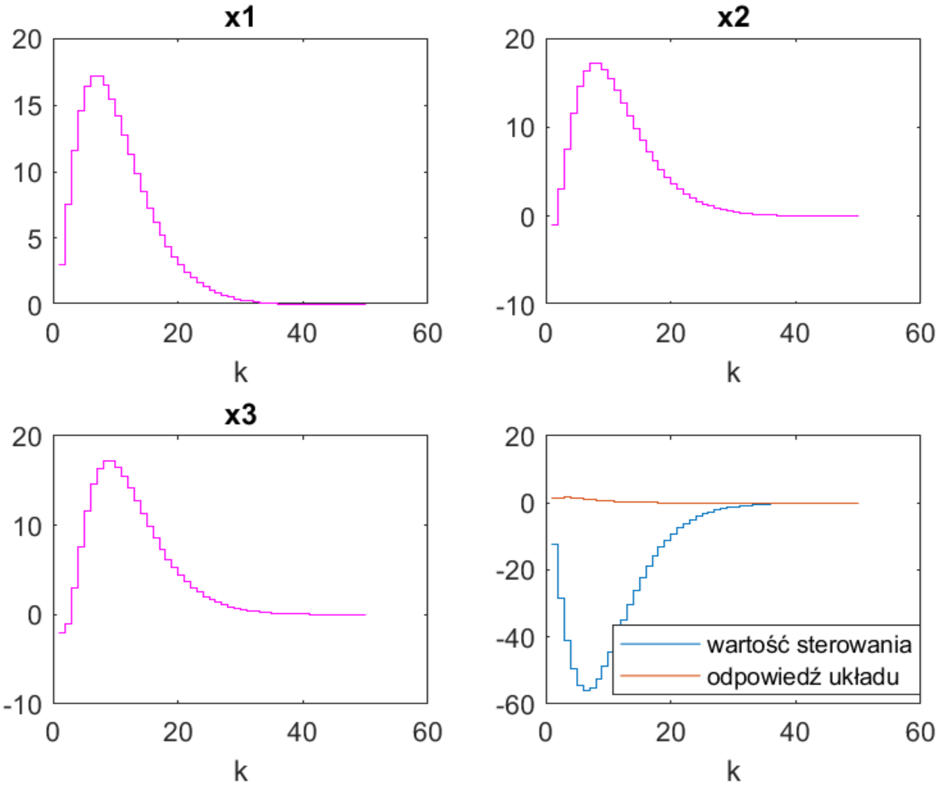
Warunki początkowe: $x_0 = [-2\ 3 - 5]$

Warto zauważyć, że układ jest bardzo niestabilny co widać na bardzo szybkim wzroście/spadku już w kilka chwil po zmianie sygnału.
Transmitancja ciągła przedstawiałaby wykres o podobnej charakterystyce, lecz wzrost ten miałby charakter płynne, a nie schodkowy.

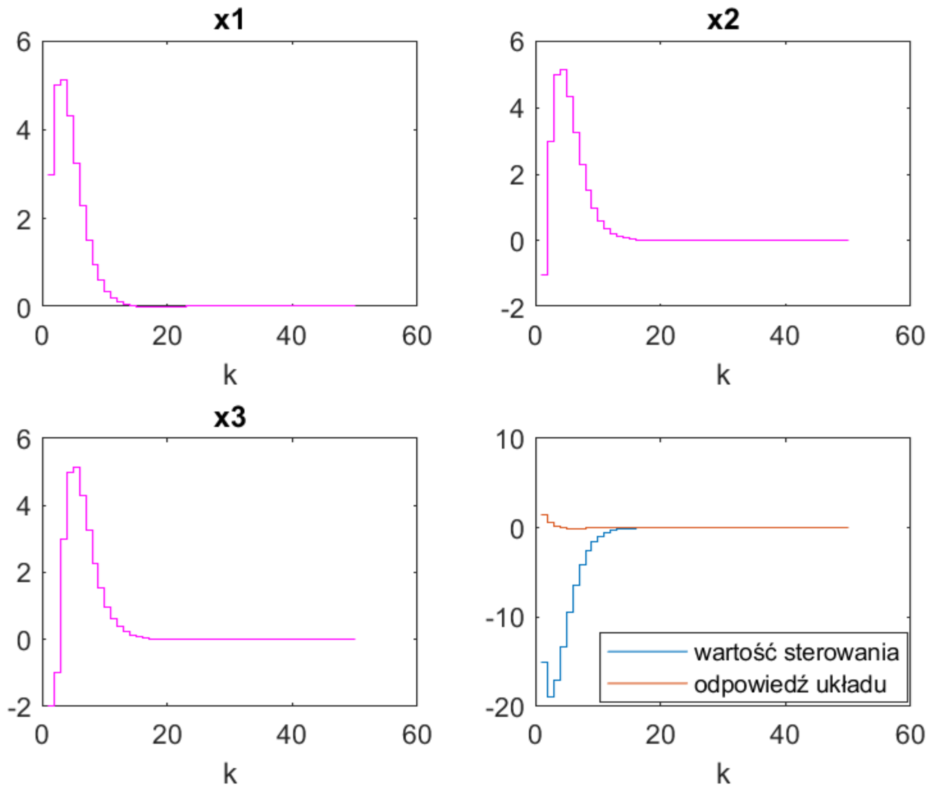
5. Sterowalność powyższego układu sprawdziłem przez obliczenie wyznacznika macierzy $[B \quad AB \quad A^2B]$. Dla układów sterowalnych wyznacznik tej macierzy przyjmuje wartości różne od zera.
   Obserwowalność powyższego układu sprawdziłem przez obliczenie wyznacznika macierzy $\begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{bmatrix}$. Dla układów obserwowalnych wyznacznik tej macierzy przyjmuje wartości różne od zera.
   W założonym modelu rzędy obu macierzy były różne od zera co świadczy, że model jest sterowalny i obserwowalny.
6. Wyznaczone regulatory przy zadanych warunkach początkowych zachowywały się następująco:
   a) Układ z trzema takimi samymi biegunami rzeczywistymi:
      I. $z_b = 1$



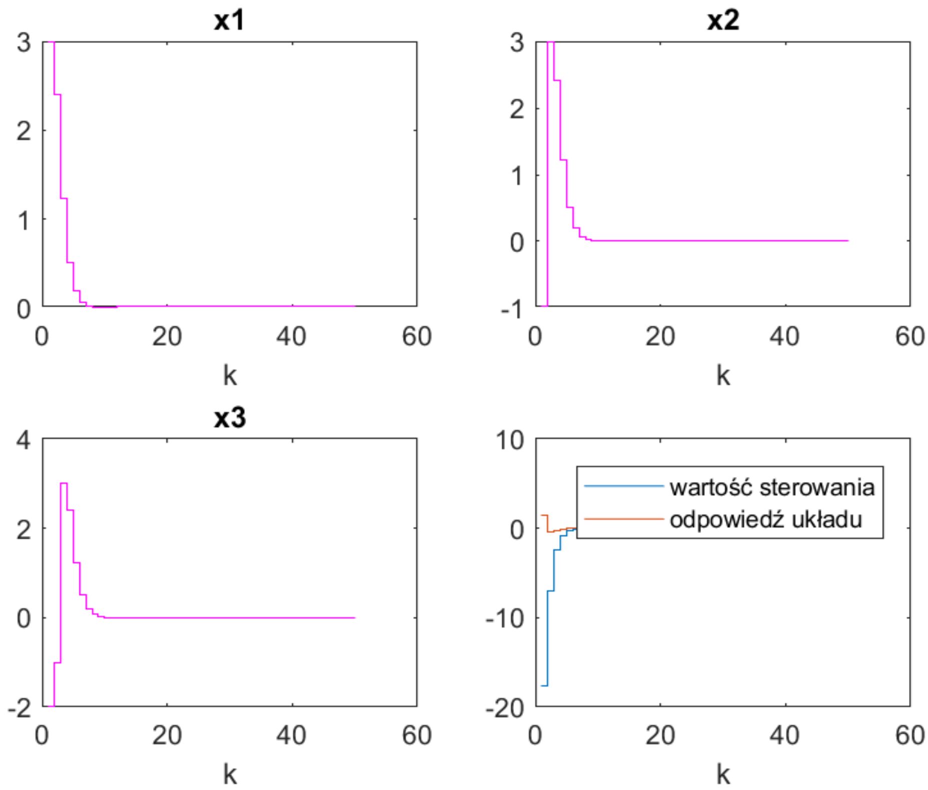
      II. $z_b = 0.75$



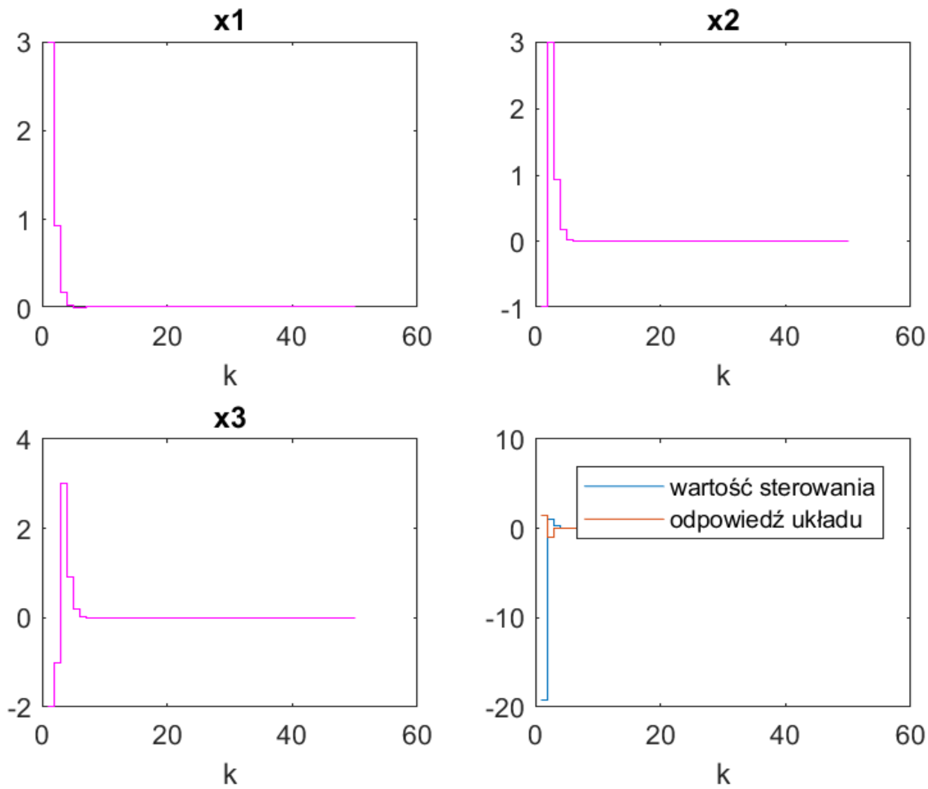
III. $z_b = 0.5$



IV. $z_b = 0.25$

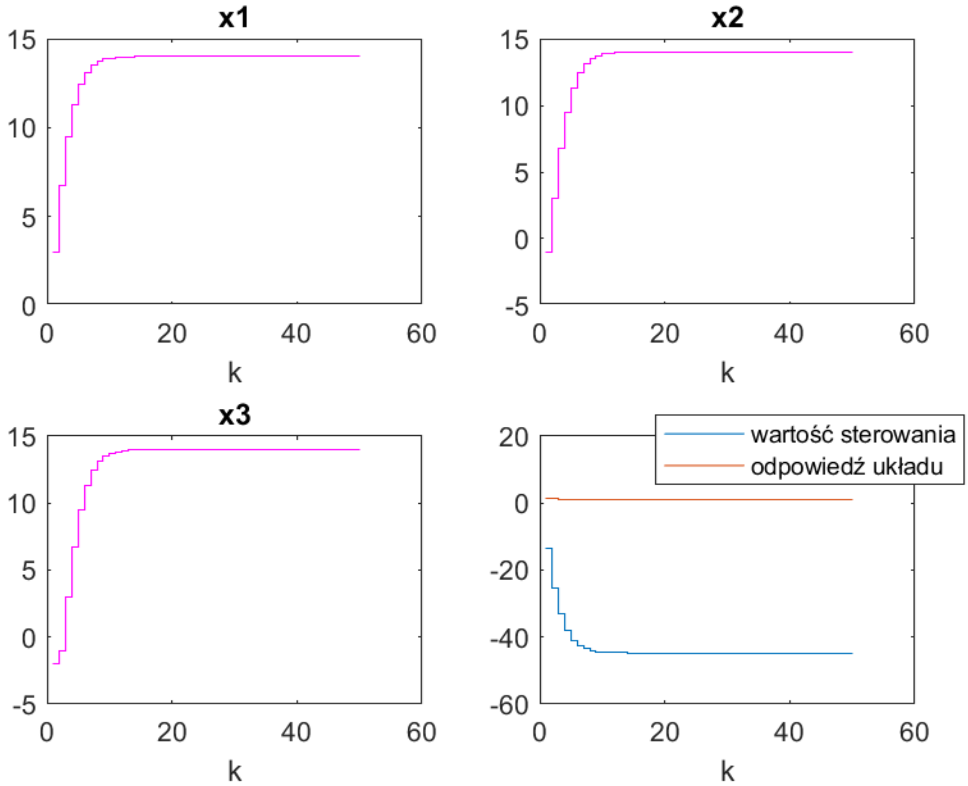


V. $z_b = 0.1$

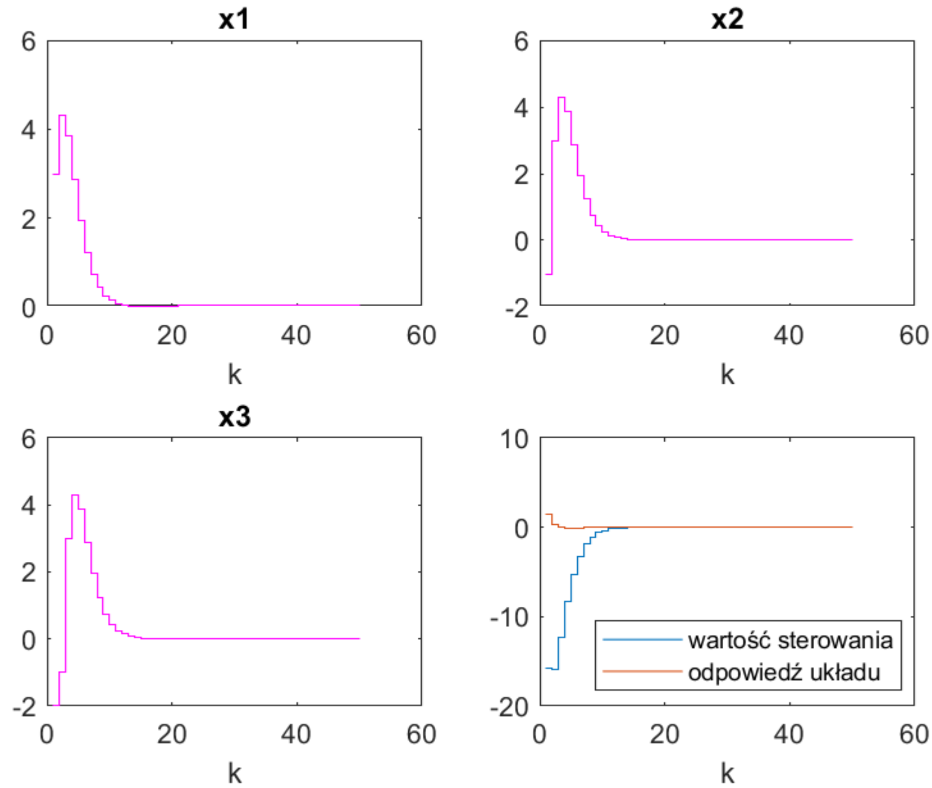


b) Układ z biegunem rzeczywistym i parą sprzężoną

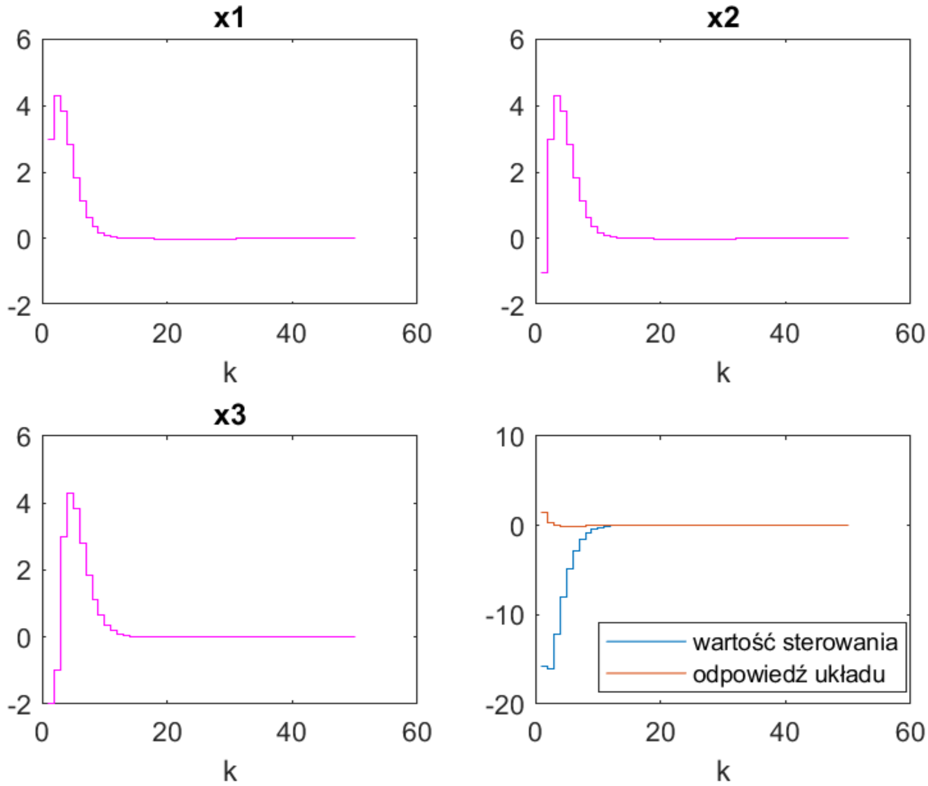
I. $z_{b1} = 1,\ z_{b2} = 0.5 + 0i, z_{b3} = 0.5 - 0i$



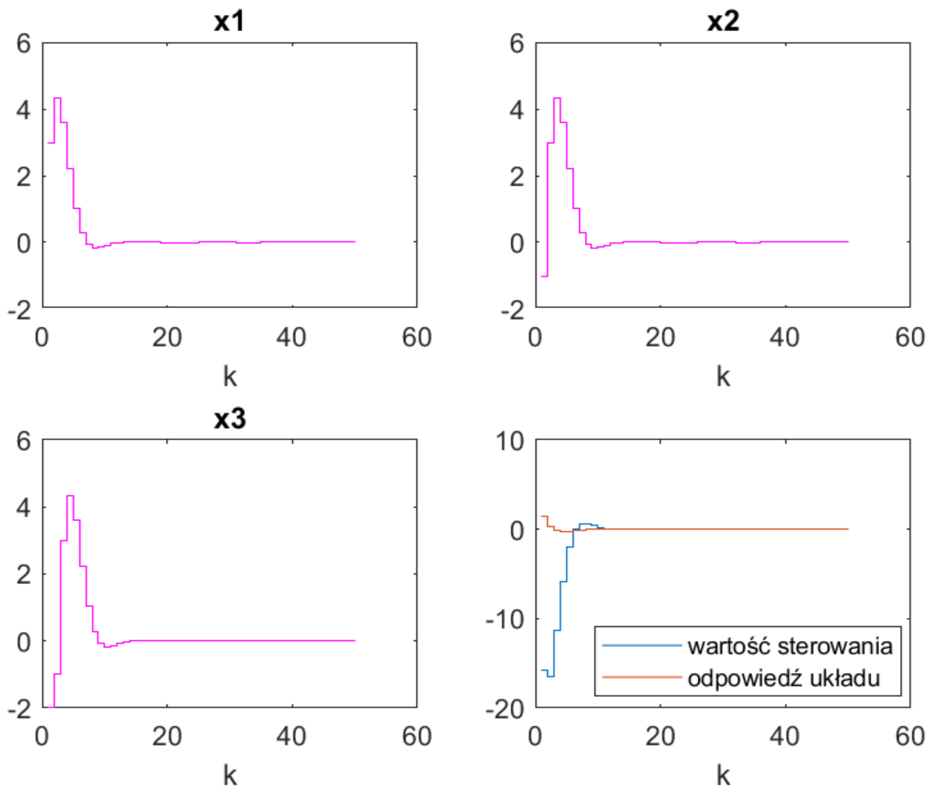
II. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + 0i, z_{b3} = 0.5 - 0i$



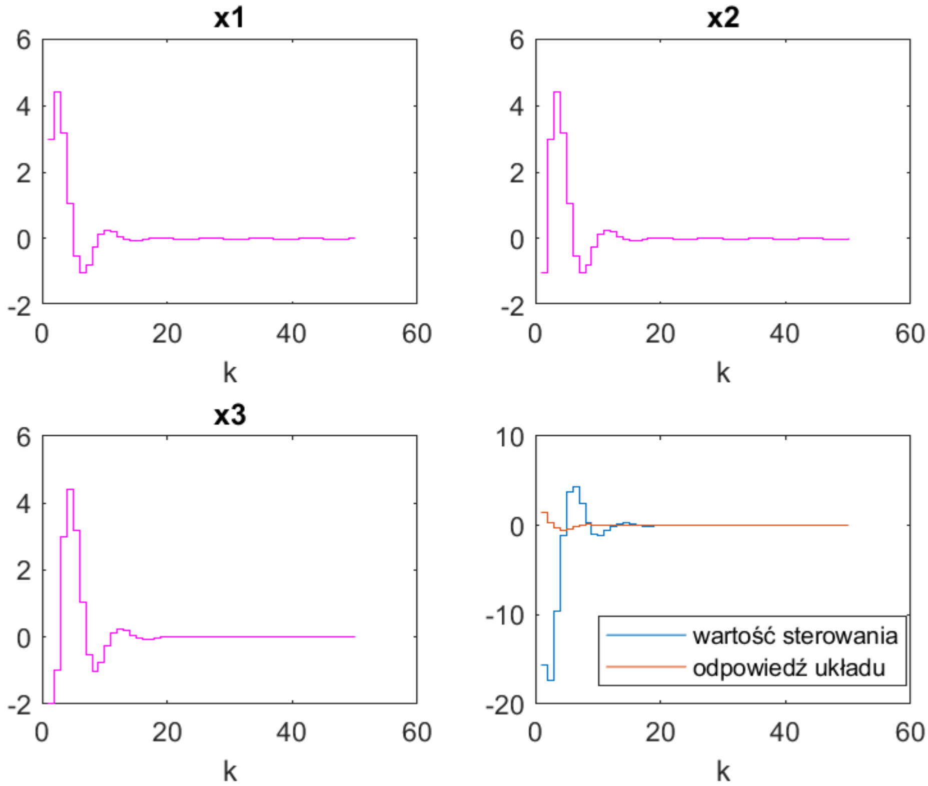
III. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + 0.1i, z_{b3} = 0.5 - 0.1i$



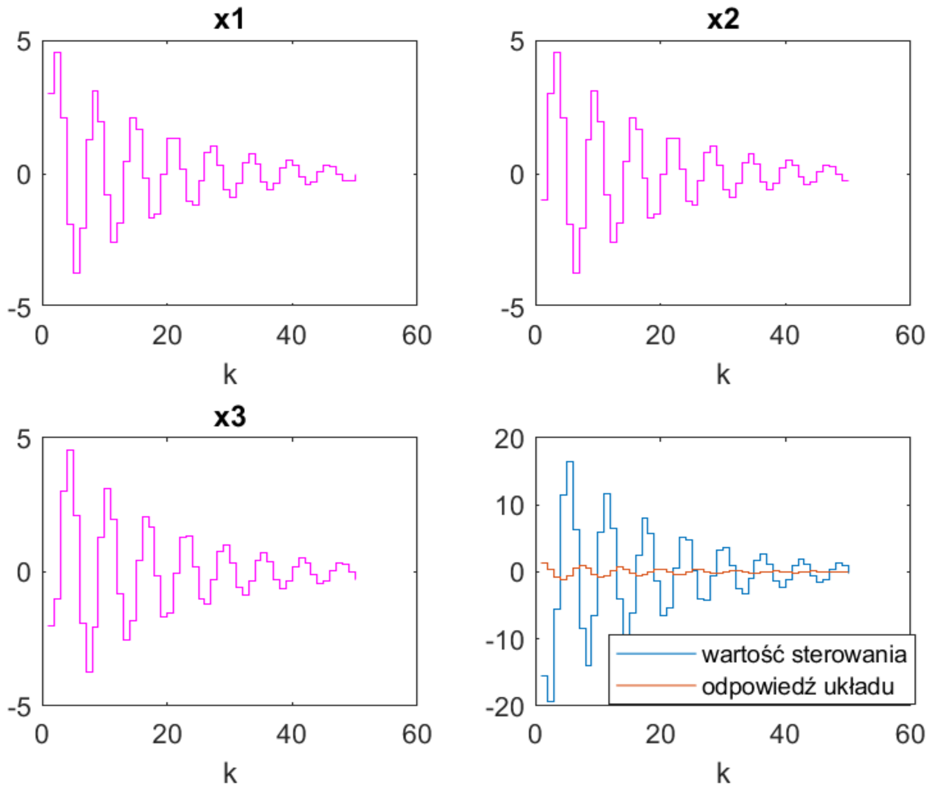
IV. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + 0.3i, z_{b3} = 0.5 - 0.3i$



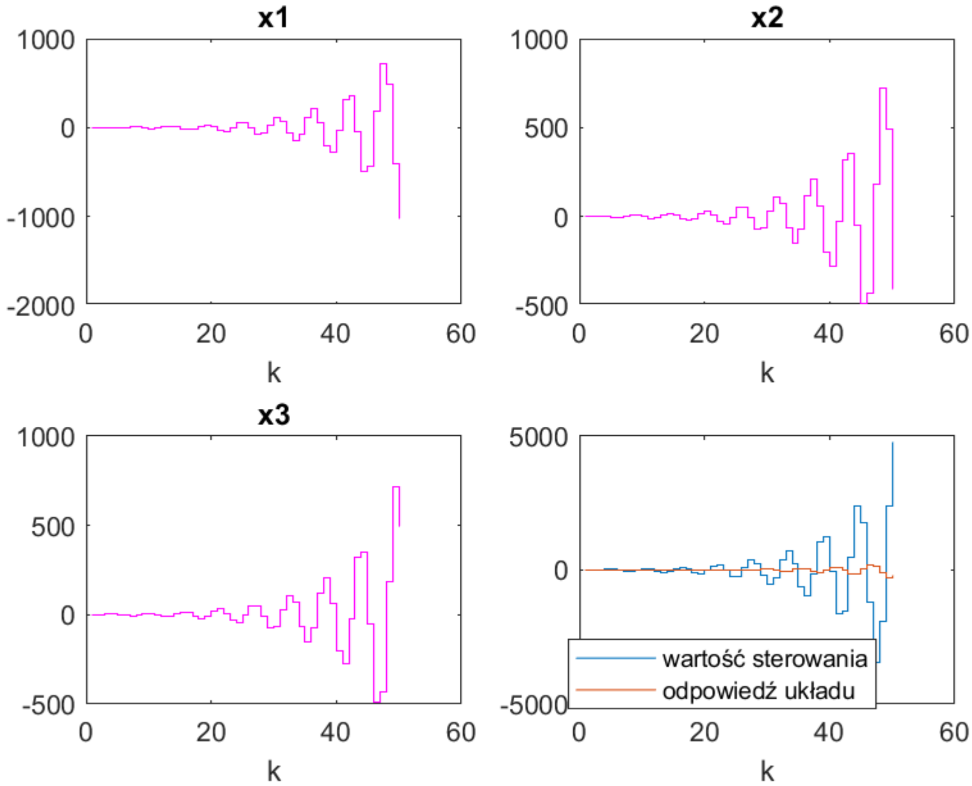
V. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + 0.5i, z_{b3} = 0.5 - 0.5i$



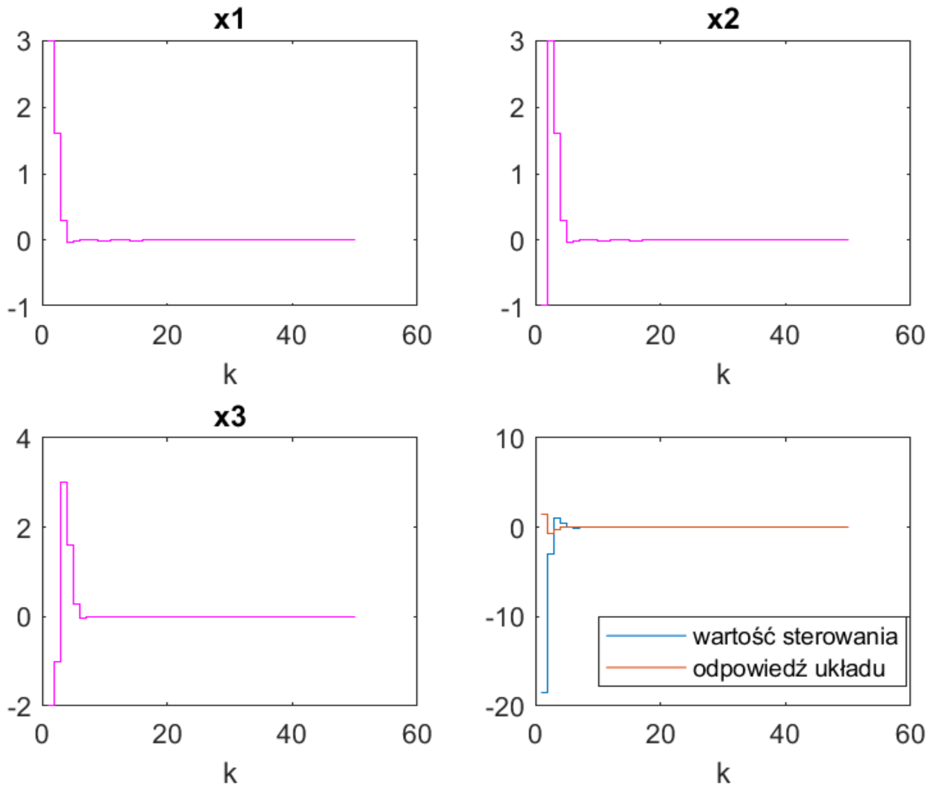
VI. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + 0.8i, z_{b3} = 0.5 - 0.8i$



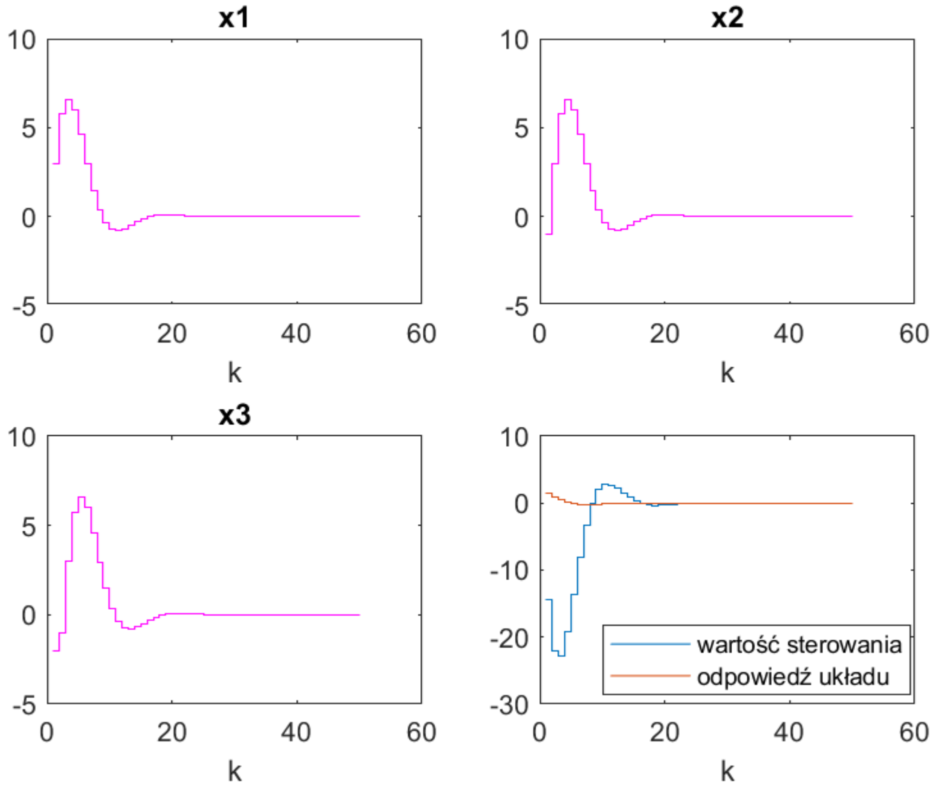
VII. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.5 + i, z_{b3} = 0.5 - i$



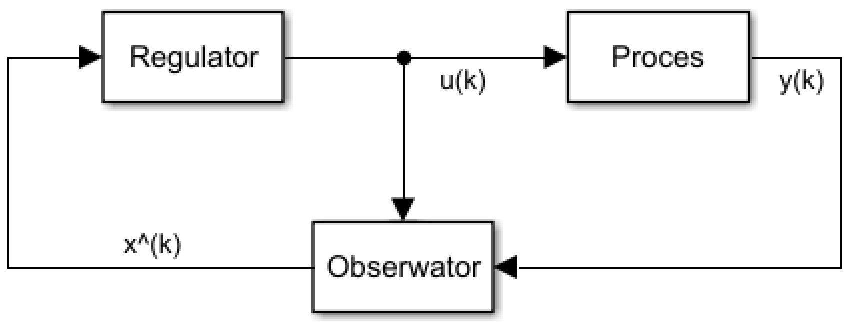
VIII. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.1 + 0.3, z_{b3} = 0.1 - 0.3i$



IX. $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$



7. Według mnie najlepszym regulatorem z jednakowymi biegunami był regulator o $z_b = 0.5$.
   W drugiej grupie najlepiej spisał się regulator o parametrach: $z_{b1} = 0.3$, $z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$
   Wybrałem te regulatory ponieważ cechowały się one szybkim czasem stabilizacji i brakiem gwałtownych zmian sygnału sterującego
8. Ogólna struktura obserwatora przedstawia się następująco:



Szczegółowa natomiast została zaprezentowana w pliku: p8sim.slx
Do symulacji założyłem warunki początkowe jak przy poprzednich symulacjach i biegunach: $z_{b1} = 0.3$, $z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$. Bieguny obserwatora były równe$z_{b1} = 0.3$, $z_{b2} = 0.1, z_{b3} = 05$, a warunek początkowy obserwatora był równy 0.

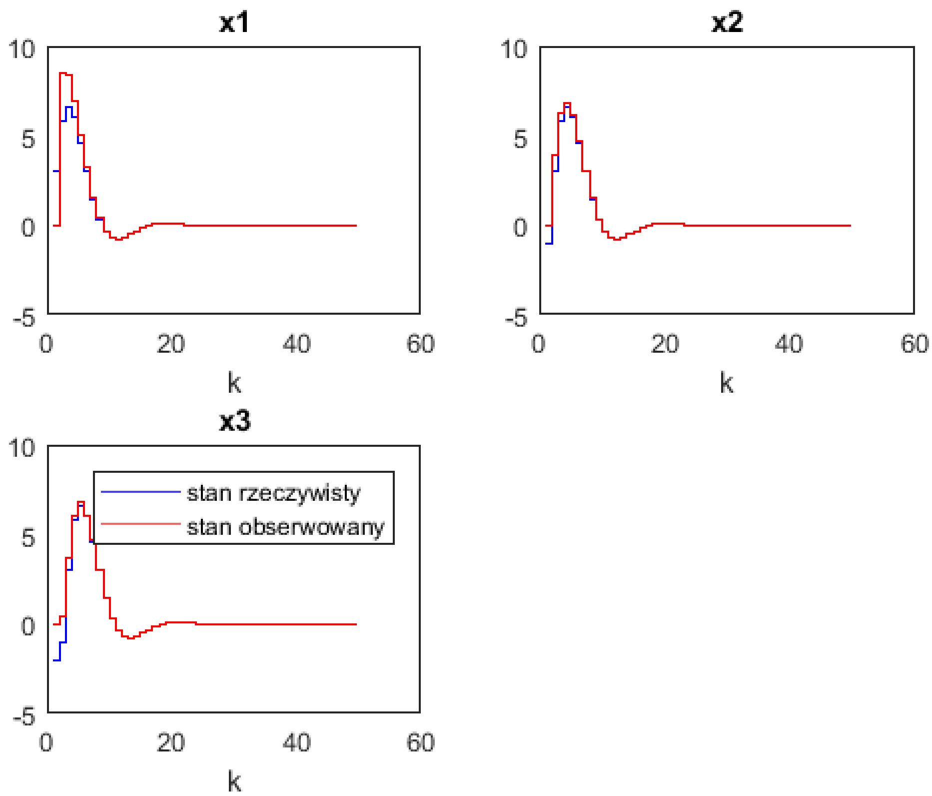
Dla takich danych wektor obserwatora wynosił: $L = \begin{bmatrix} 16.3008 \\ 2.7758 \\ 0.2685 \end{bmatrix}$, a model :

$$\hat{x}_1(k) = 6.1131 * \hat{x}_1(k-1) - 2.0930 * \hat{x}_2(k-1) + 0.1738 * \hat{x}_2(k-1) + u(k-1) + 16.3008(y(k-1) - C * \begin{bmatrix} \hat{x}_1(k-1) \\ \hat{x}_2(k-1) \\ \hat{x}_3(k-1) \end{bmatrix}),$$

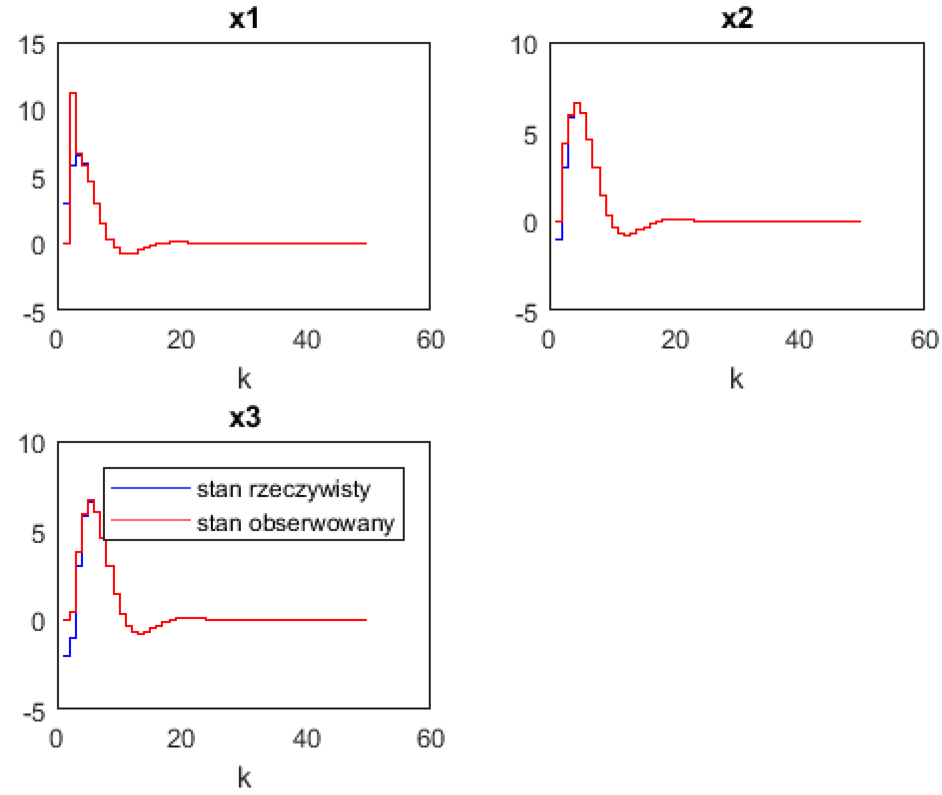
$$\hat{x}_2(k) = \hat{x}_1(k-1) + 2.7758(y(k-1) - C * \begin{bmatrix} \hat{x}_1(k-1) \\ \hat{x}_2(k-1) \\ \hat{x}_3(k-1) \end{bmatrix}),$$

$$\hat{x}_3(k) = \hat{x}_2(k-1) + 0.2685(y(k-1) - C * \begin{bmatrix} \hat{x}_1(k-1) \\ \hat{x}_2(k-1) \\ \hat{x}_3(k-1) \end{bmatrix}),$$

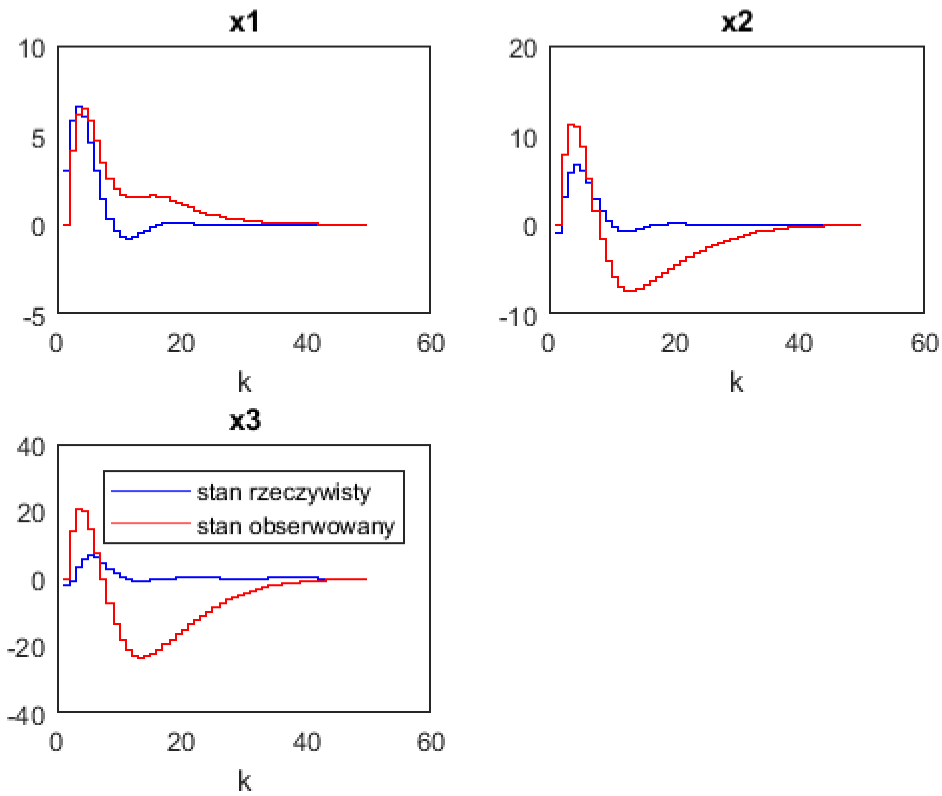
$$\hat{y}(k-1) = C * \begin{bmatrix} \hat{x}_1(k-1) \\ \hat{x}_2(k-1) \\ \hat{x}_3(k-1) \end{bmatrix},$$



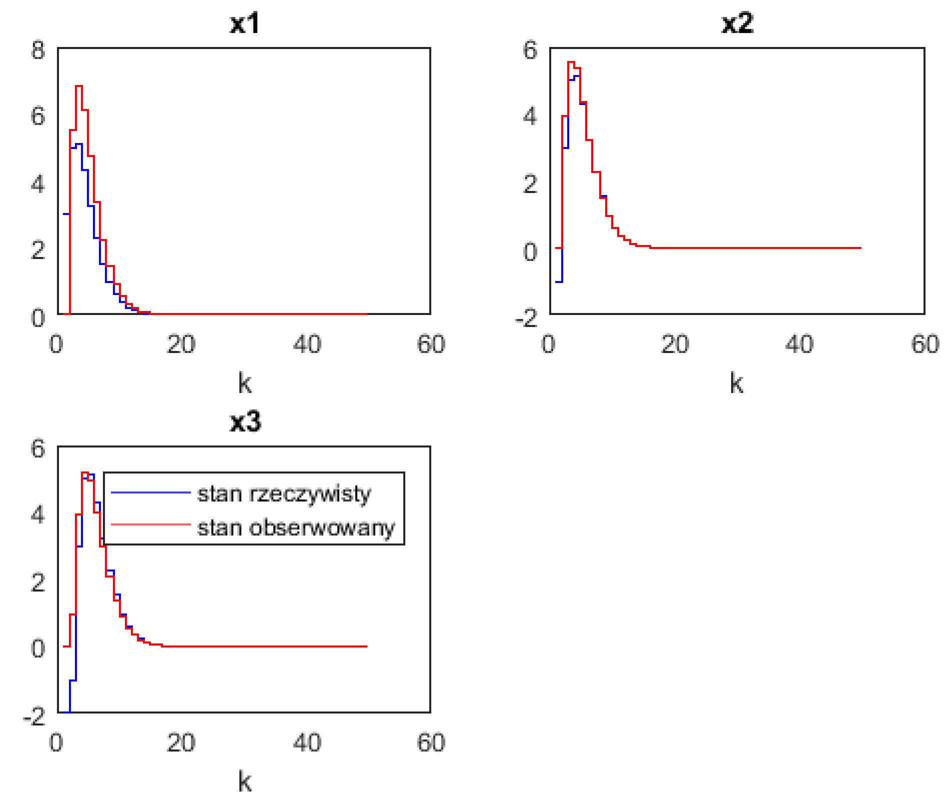
9. Działanie obserwatora można zauważyć na poniższych wykresach. Ważne jest też to, aby bieguny obserwatora NIE przyjmowały wartości 0.
   a) Obserwator szybki ($z_o = 0.1$) regulatora $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$



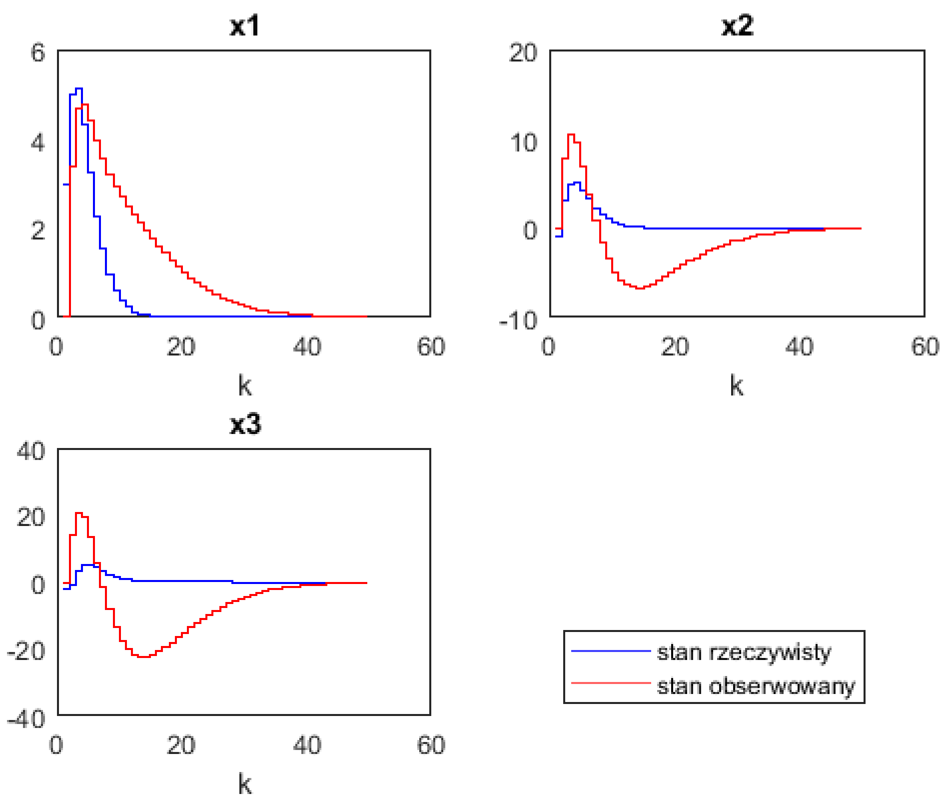
b) Obserwator wolny ($z_o = 0.8$) regulatora $z_{b1} = 0.3$, $z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$



c) Obserwator szybki ($z_o = 0.5$) regulatora $z_b = 0.5$

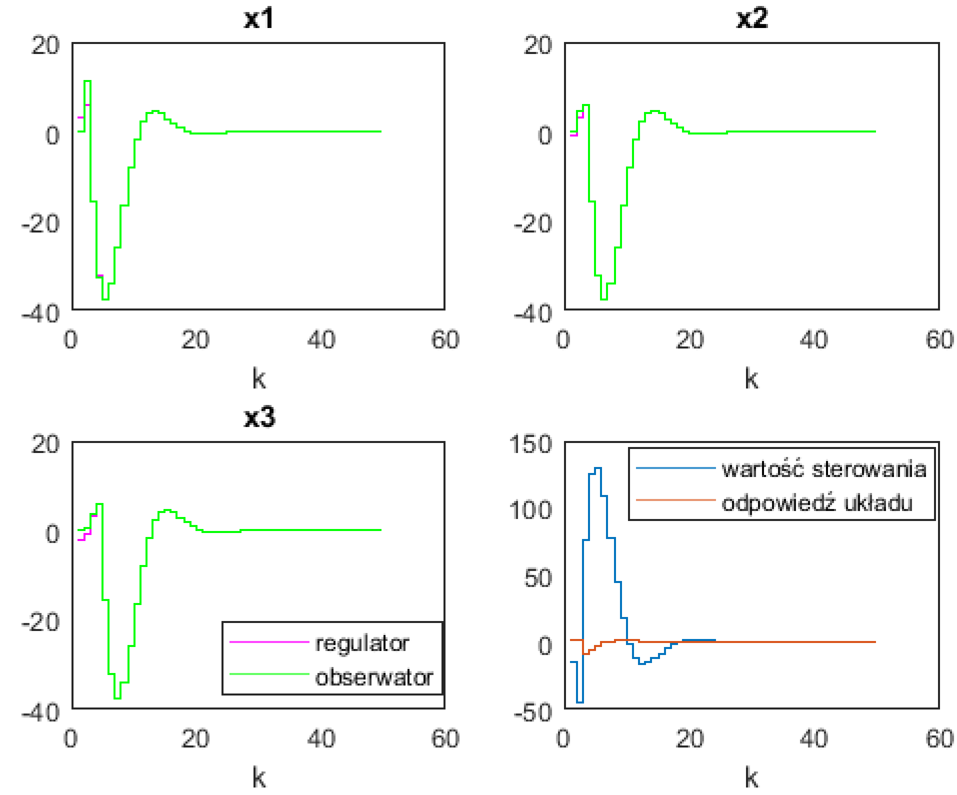


d) Obserwator wolny ($z_o = 0.8$) regulatora $z_b = 0.5$

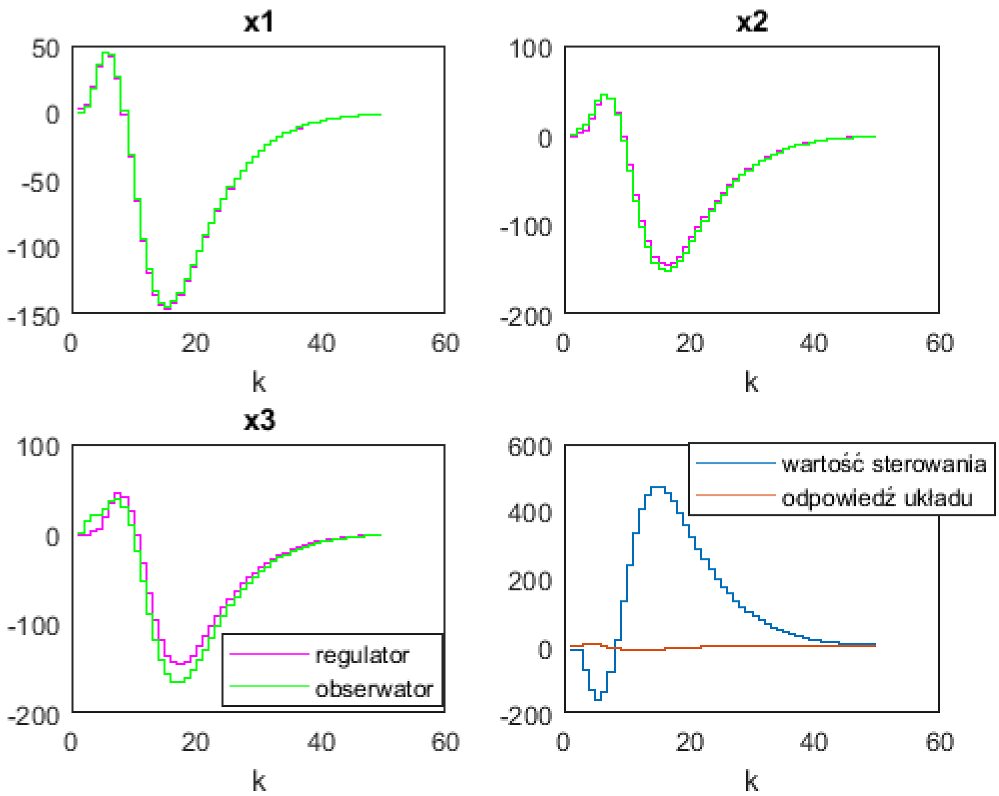


10.

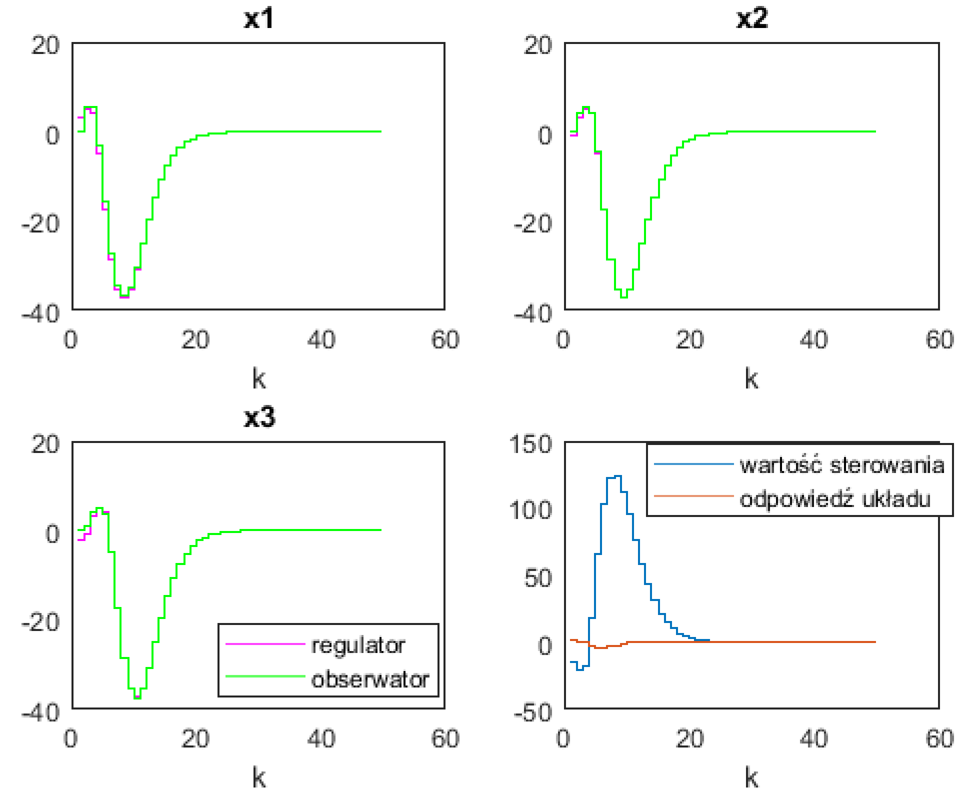
a) Obserwator szybki ($z_o = 0.1$) regulatora $z_{b1} = 0.3,\ z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$



b) Obserwator wolny ($z_o = 0.8$) regulatora $z_{b1} = 0.3$, $z_{b2} = 0.7 + 0.3i, z_{b3} = 0.7 - 0.3i$



c) Obserwator szybki ($z_o = 0.5$) regulatora $z_b = 0.5$



d) Obserwator wolny ($z_o = 0.8$) regulatora $z_b = 0.5$