

# Teoria Sterowania

Inteligentne Systemy Sterowania - Grupa 2

*Obserwatory Asymptotyczne. Obserwator Luenbergera.*

*Zespół: Jan Rosa, Karolina Piotrowska, Roman Nowak, Łukasz Nowosad*

09.03.2021

## 1. Wstęp

Celem eksperymentu było zapoznanie się z procesem estymacji stanów przy użyciu obserwatora Luenbergera oraz zredukowanego obserwatora Luenbergera dla różnych układów, uwzględniając wpływ zakłóceń. Dodatkowo przeanalizowano wpływ określonych parametrów obserwatora na jego działanie.

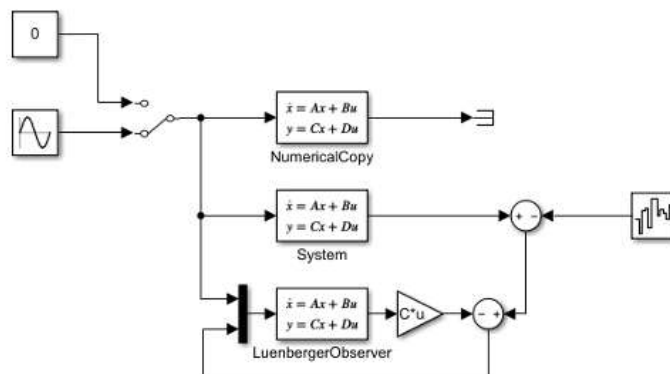
## 2. Przebieg eksperymentu

### 2.1. Obserwator Luenbergera pierwszego rzędu

#### 2.1.1. Zadanie 10.1

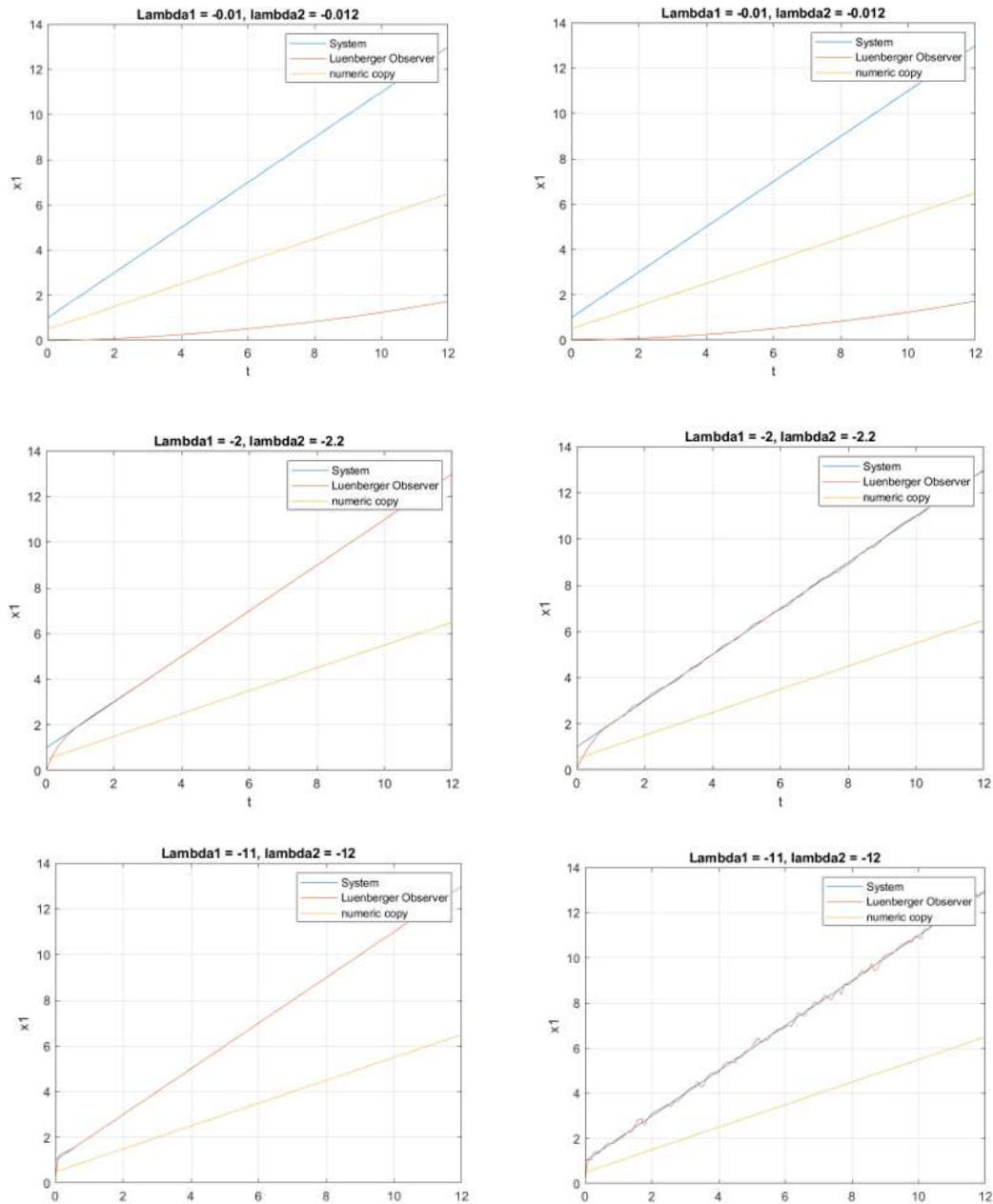
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Dodatkowo do modelu systemu oraz modelu obserwatora wprowadzono zakłócenia w postaci szumu Gaussa o wzmacnieniu 0.001.



Rysunek 1 Schemat obserwatora obiektu z zakłóceniami.

Zebrano wyniki dla układu zarówno bez zakłóceń, jak i z zakłóceniami. Poprzez zmianę wartości własnych macierzy zaobserwowano następujące przebiegi stanów.



**Rysunek 2.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla obserwatora Luenbergera pierwszego rzędu.

Na wykresach można dostrzec pewne zależności wynikające z dobranych wartości własnych macierzy. Przy małych wartościach własnych (w sensie modułu) zakłócenia miały niewielki wpływ na działanie układu, ale znacząco wydłużał się czas estymacji i malała jej dokładność. Natomiast przy większych modułach wartości własnych uzyskano dokładniejsze wartości estymowanych stanów, jednak zakłócenia miały wtedy większy wpływ na układ.

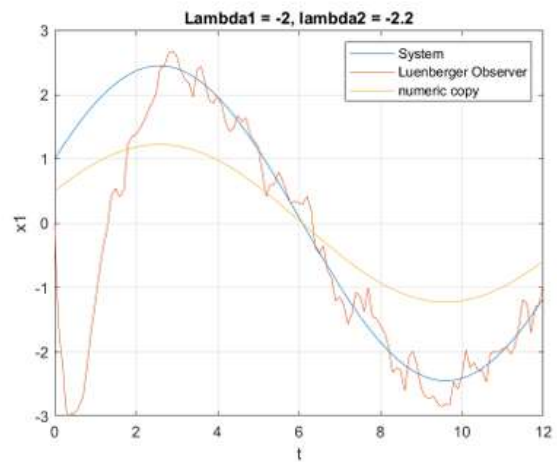
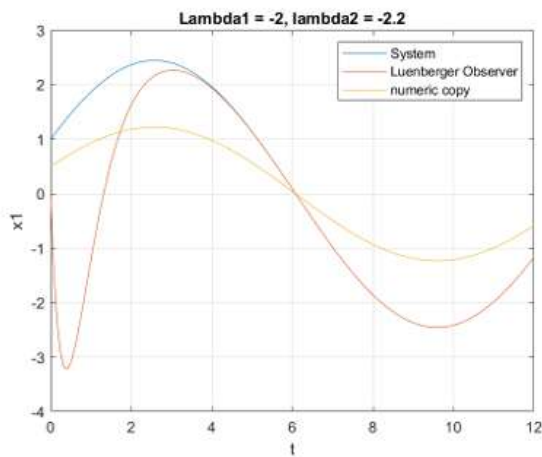
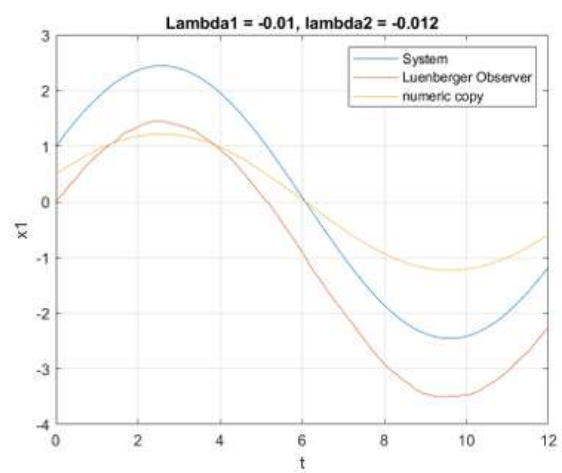
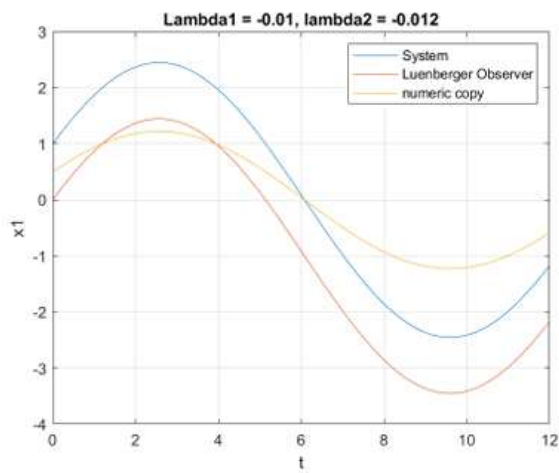
### 2.1.2. Zadanie 10.2

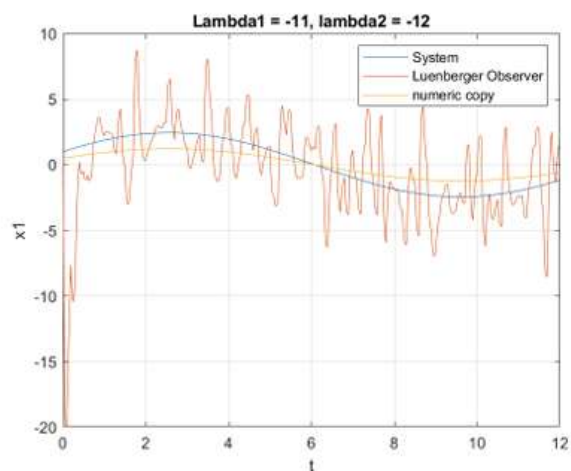
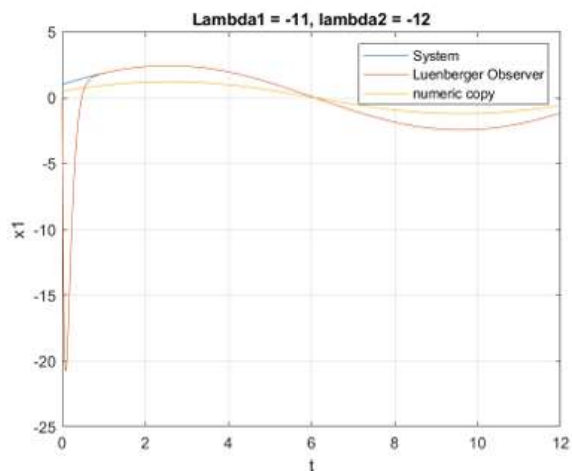
$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dla Zadania 10.2 przeprowadzono analogiczne porównanie stanu  $x$  dla układów:

- Bez zakłóceń
- Z zakłóceniami

Otrzymane wyniki zestawiono poniżej.

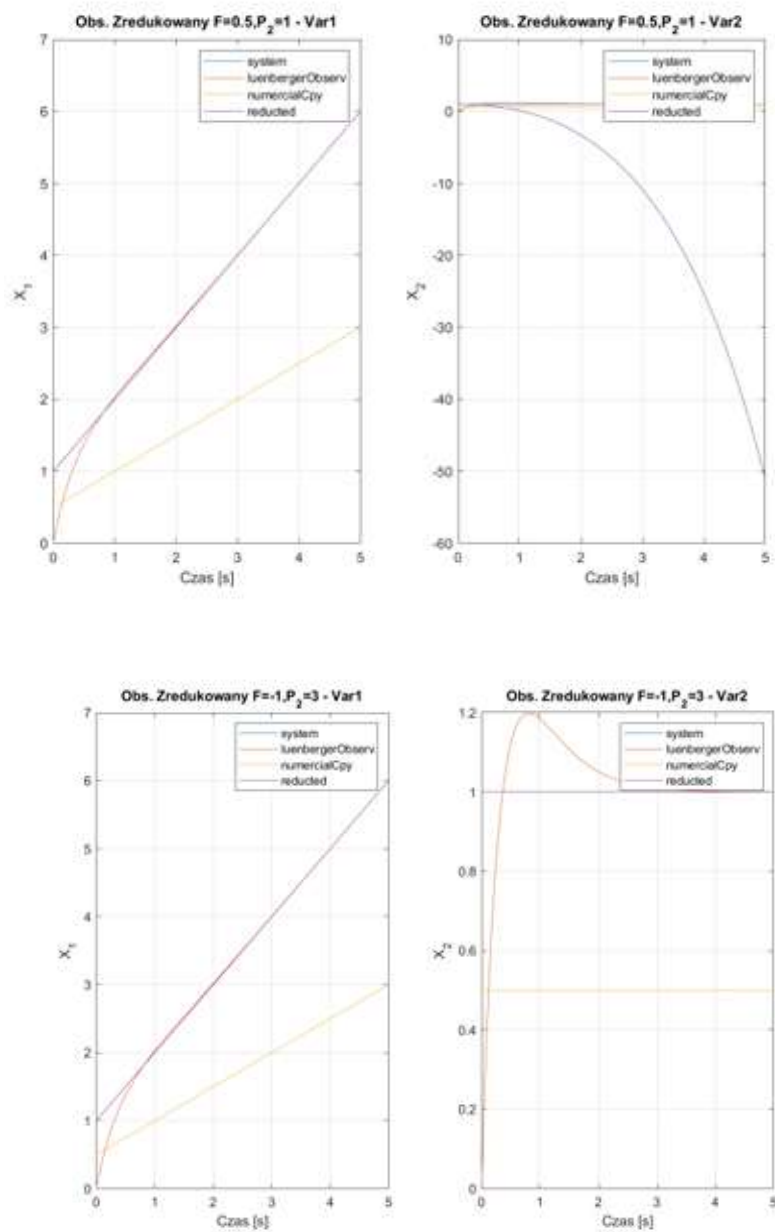


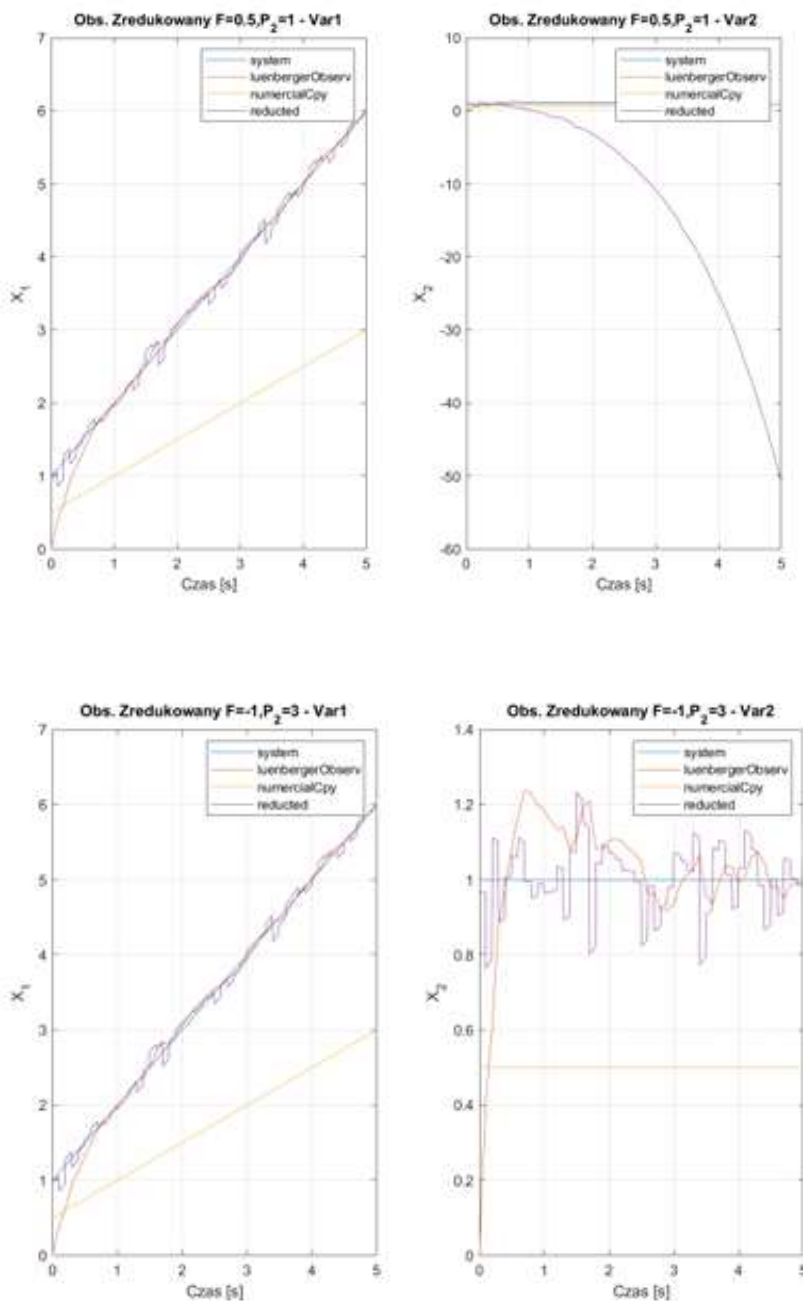


**Rysunek 3.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla obserwatora Luenbergera z Zadania 10.2.

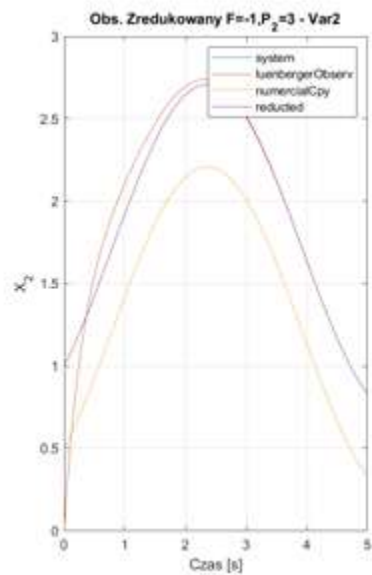
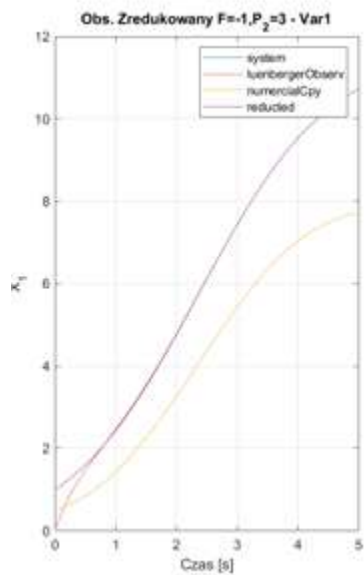
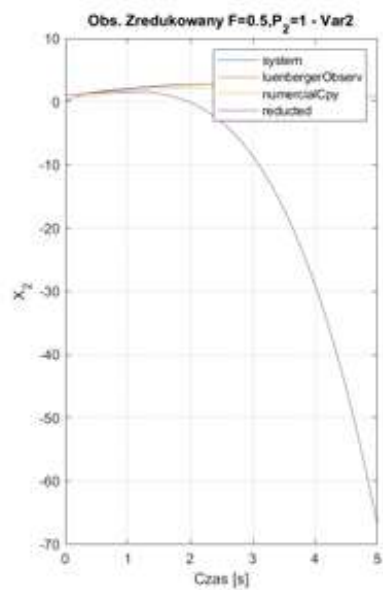
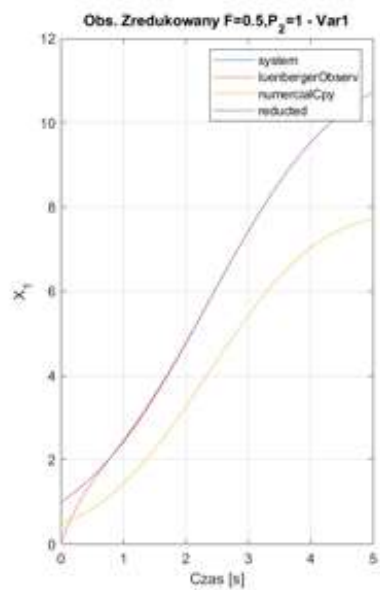
Rysunek 2 Model zredukowanego obserwatora Luenbergera.

### 2.2.1. Zadanie 10.3

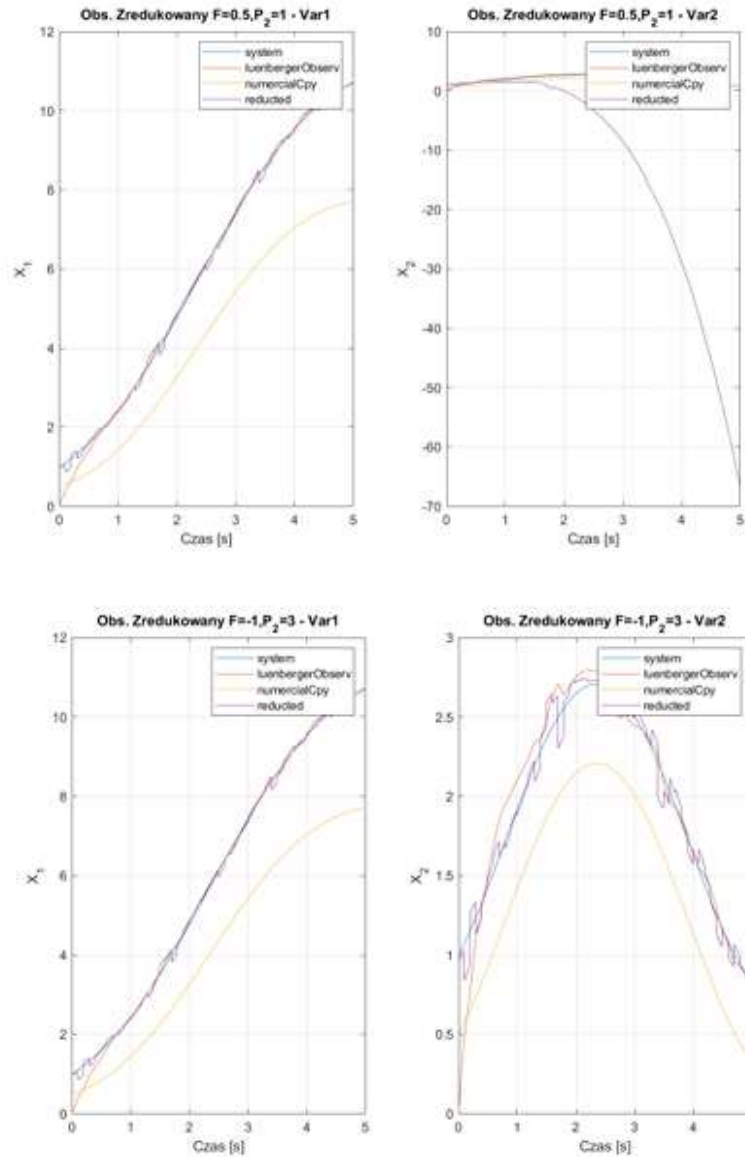




**Rysunek 5.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla zredukowanego obserwatora Luenbergera z Zadania 10.1 - sterowanie stałe.

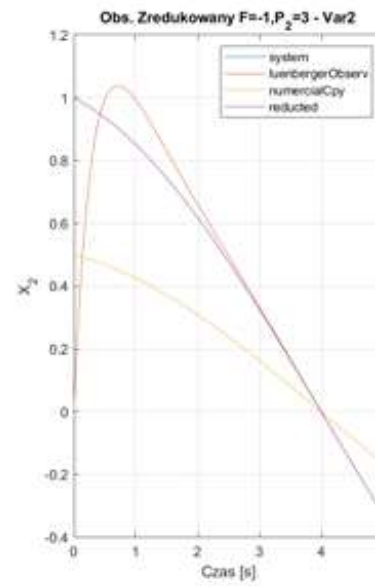
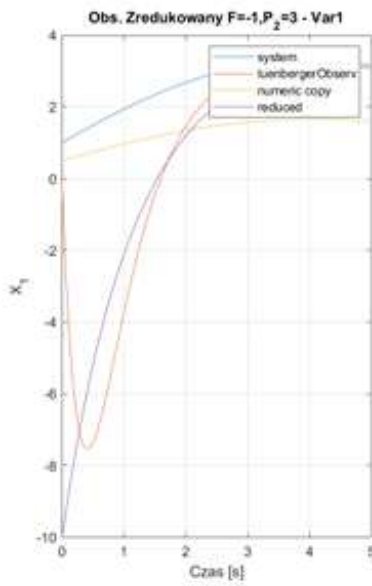
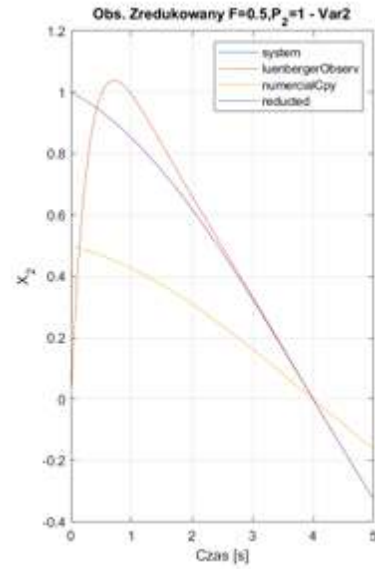
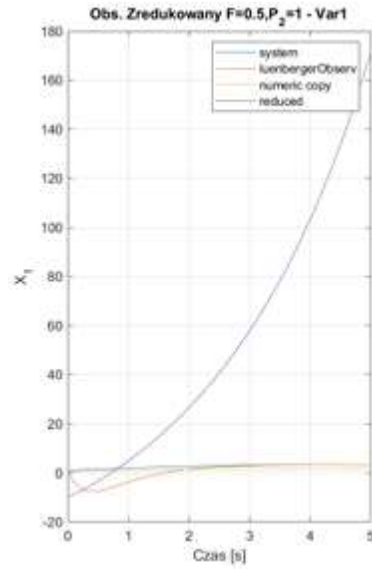


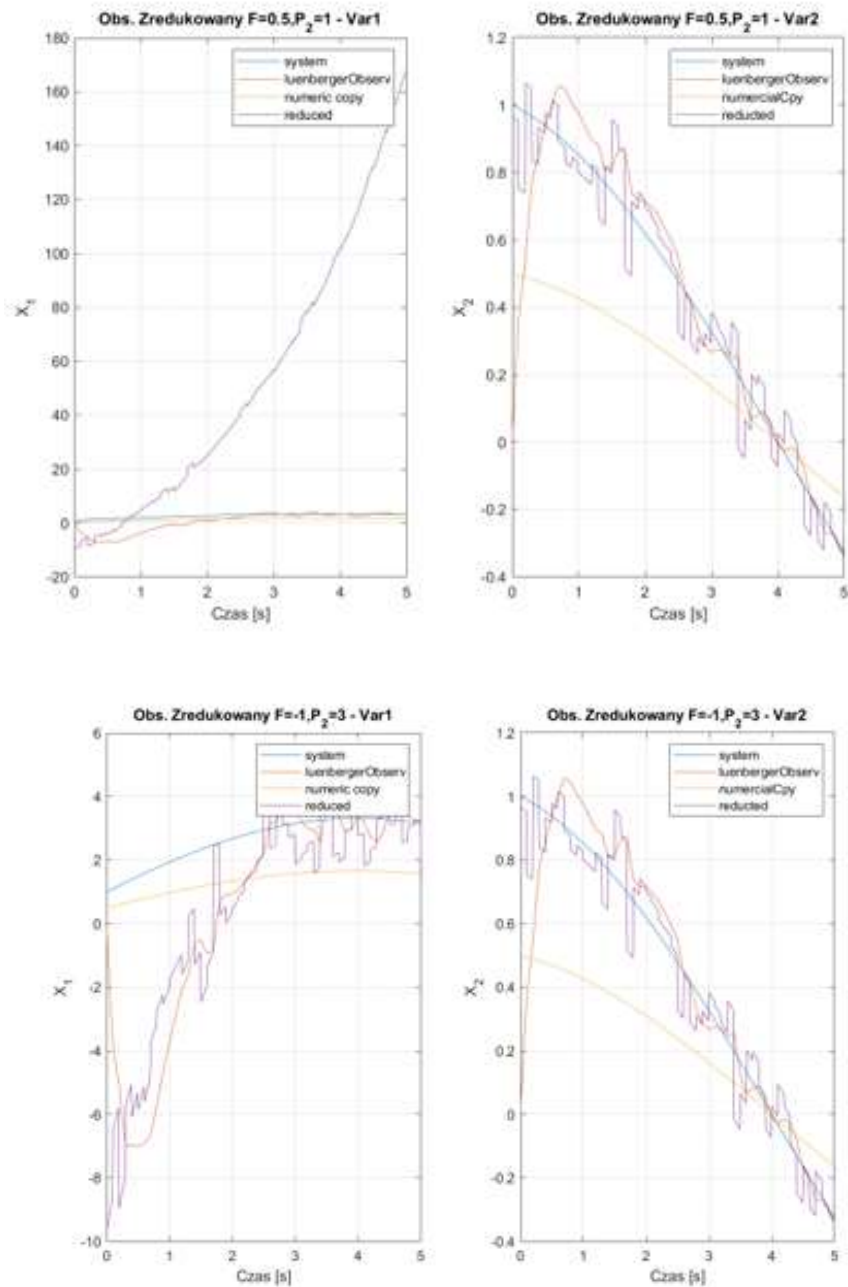




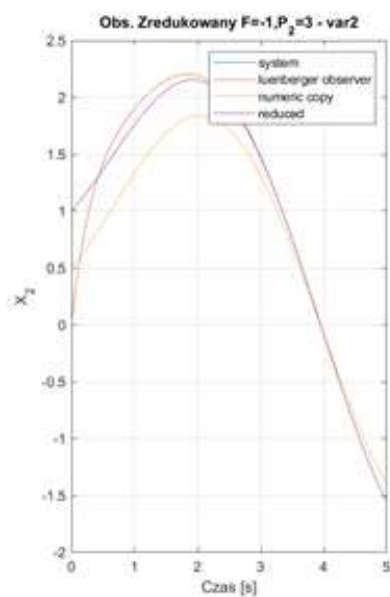
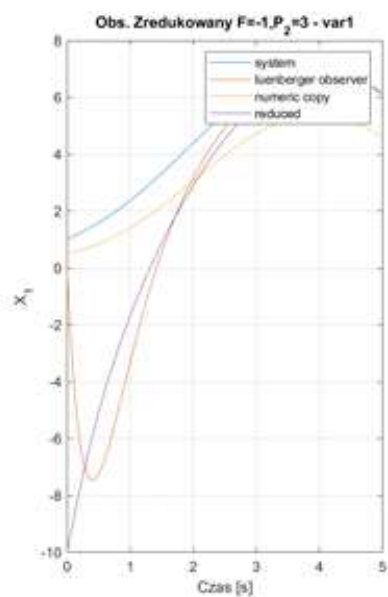
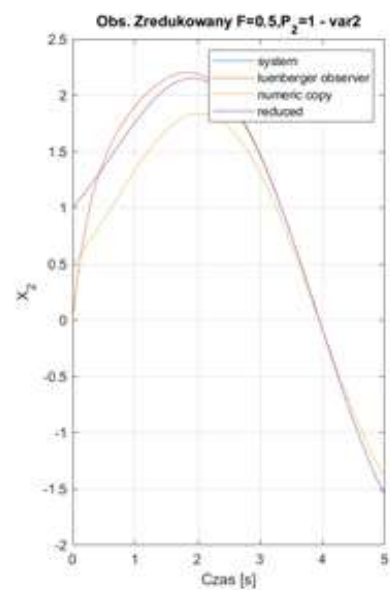
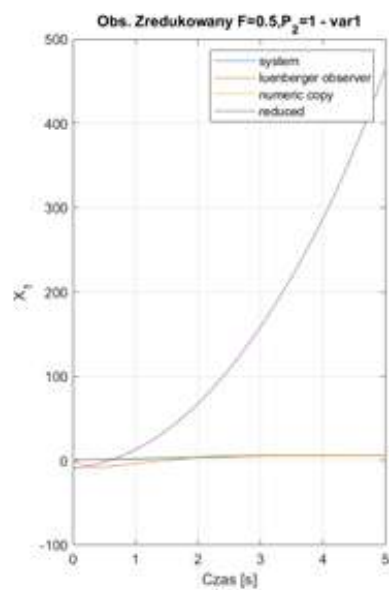
**Rysunek 6.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla zredukowanego obserwatora Luenbergera z Zadania 10.1 - sterowanie sinusoidalne.

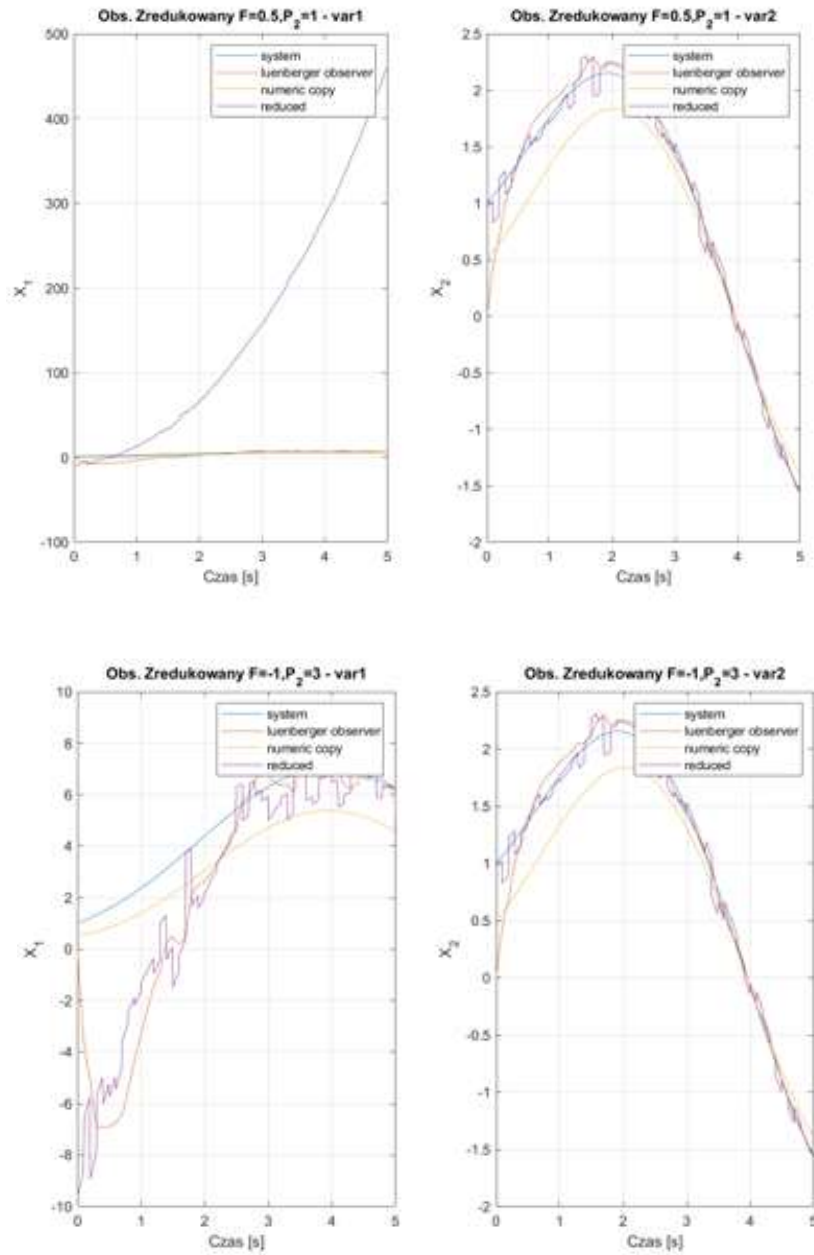
### 2.2.2. Zadanie 10.4





**Rysunek 7.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla zredukowanego obserwatora Luenbergera z Zadania 10.1 - sterowanie state.





**Rysunek 8.** Przebiegi stanu  $x_1$  dla różnych wartości własnych układu obserwatora bez (po lewej) i z zakłóceniami (po prawej) dla zredukowanego obserwatora Luenberga z Zadania 10.1 - sterowanie sinusoidalne.

### 3. Wnioski

Podczas eksperymentu badano działanie obserwatora Luenbergera oraz jego zredukowanej wersji. Kluczowym aspektem analizy była zależność między wartościami własnymi macierzy  $A - LC$  a dokładnością estymacji. Zbyt małe wartości własne prowadziły do wydłużonego czasu osiągnięcia poprawnych wartości stanów oraz dużego początkowego błędu estymacji. Natomiast nadmiernie duże wartości własne powodowały wzrost wpływu zakłóceń. Dlatego istotne było właściwe dobranie macierzy  $A - LC$ , aby osiągnąć optymalną dokładność przy minimalnym wpływie zakłóceń.

W dalszej części eksperymentu analizowano zredukowany obserwator Luenbergera, który wykazał się lepszą dynamiką oraz większą dokładnością w porównaniu do klasycznej wersji. Jego zastosowanie znacząco przyspieszało asymptotyczną zbieżność do estymowanego stanu, co było widoczne zarówno w warunkach bez zakłóceń, jak i przy ich obecności.

Właściwości zredukowanego obserwatora były determinowane przez dwa parametry:  $P2$  oraz  $F$ . Okazało się, że parametr  $F$  miał kluczowy wpływ na działanie obserwatora – w niektórych przypadkach jego zmiana prowadziła do utraty zbieżności. W jednym z analizowanych systemów wpływał na asymptotyczną zbieżność zmiennej  $x_2$ , a w drugim na zbieżność zmiennej  $x_1$ . Natomiast w żadnej sytuacji nie wpływał na obserwację wyjścia  $y = Cx$ . Najlepsze wyniki osiągnięto przy  $F = -1$ . Z kolei parametr  $P2$  nie wykazywał istotnego wpływu na działanie obserwatora.