

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ AUTOMATYKI, ROBOTYKI I ELEKTROTECHNIKI



PROTOKÓŁ IDENTYFIKACJI SYSTEMU

IDENTYFIKACJA SYSTEMÓW

RAPORT LABORATORYJNY

JAKUB GŁĄB, 143947

JAKUB.GLAB@PUT.POZNAN.PL

PAWEŁ CHUMSKI, 144392

PAWEL.CHUMSKI@PUT.POZNAN.PL

PROWADZĄCY:

DR INŻ. JOANNA ZIĘTKIEWICZ

JOANNA.ZIETKIEWICZK@PUT.POZNAN.PL

15.06.2022

Spis treści

Wstęp	3
1 Wiedza wstępna o systemie #1	3
2 Metody nieparametryczne #2	4
2.1 Analiza korelacyjna	4
2.2 Analiza widmowa	4
2.3 Wnioski	5
3 Metody parametryczne #3	6
3.1 Model oscylacyjny	6
3.2 Metoda najmniejszych kwadratów	7
3.3 Metoda zmiennych instrumentalnych	9
3.4 Wnioski	11
4 Wybór modelu #4	12
4.1 Porównanie wartości wskaźników J i JFIT poszczególnych modeli	12
4.2 Wykresu błędów predyktora i symulatora	12
4.3 System Identification Toolbox - MatLab	13
4.4 Wnioski	14
5 Weryfikacja modelu	14
5.1 Wnioski	15
Podsumowanie	15

WSTĘP

Celem projektu była identyfikacja systemu z zestawu nr 6. W celu identyfikacji modelu oraz jego parametrów, wykorzystane zostały metody poznane w toku realizowanych zajęć laboratoryjnych. Uzyskane wyniki poddane zostały sprawdzeniu, przez zastosowanie, zaprezentowanych przez prowadzących metod weryfikacji i kryteria.

WIEDZA WSTĘPNA O SYSTEMIE #1

Dane pochodzą z elastycznego ramienia robota. Ramię jest zamontowane na silniku elektrycznym. Sygnał wymuszający jest okresowym przebiegiem sinusoidalnym. Dane dotyczące wejść i wyjść:

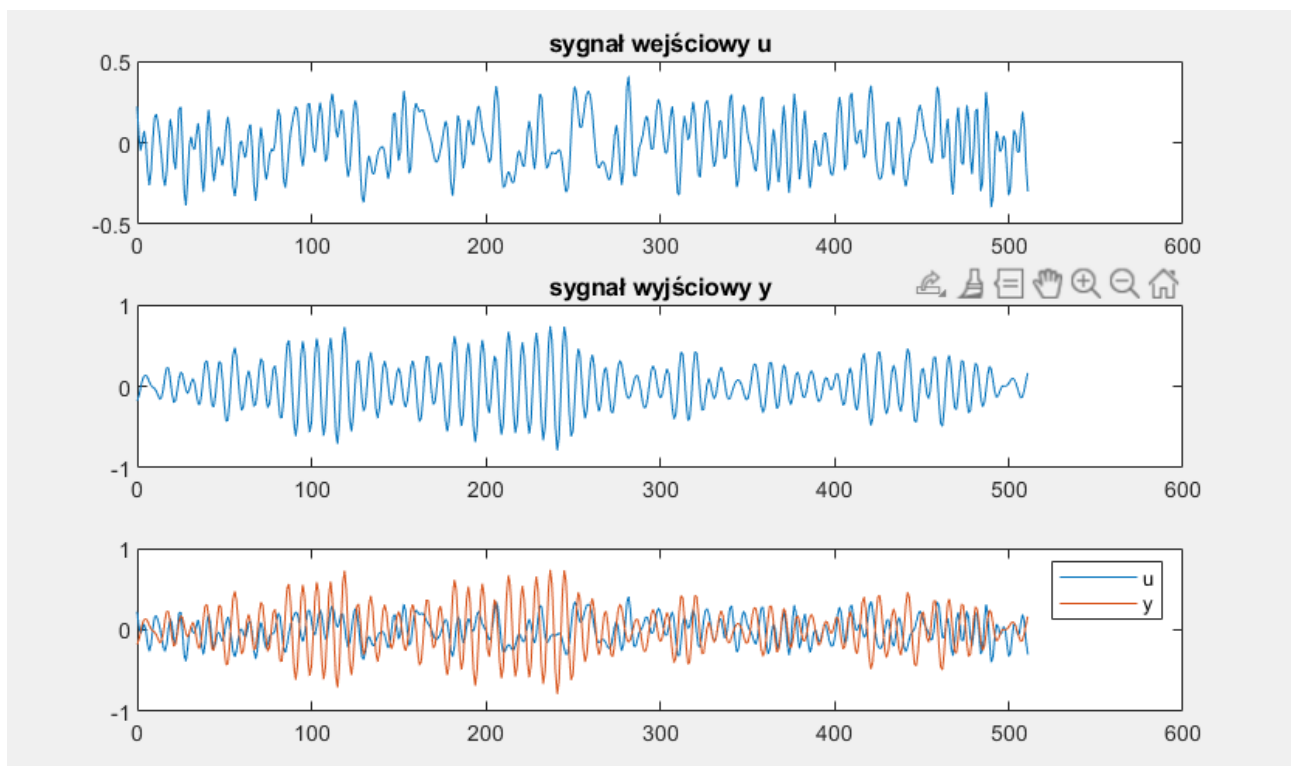
Ilość próbek:

- 1024

Wejście i wyjście:

- u : moment obrotowy
- y : przyspieszenie ramienia robota

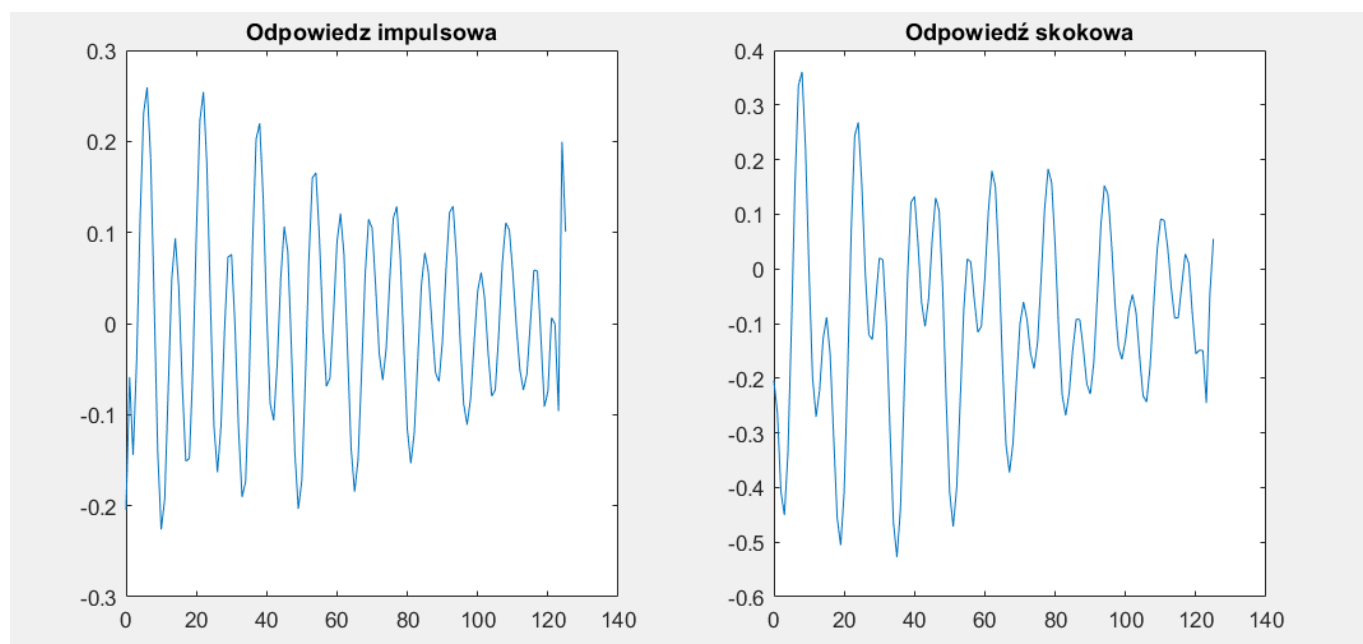
Nie został podany okres próbkowania, dlatego zgodnie z zaleceniem prowadzącego, przyjęliśmy że wynosi on 1.



Rys. 1. Przebieg sygnału wejściowego i wyjściowego.

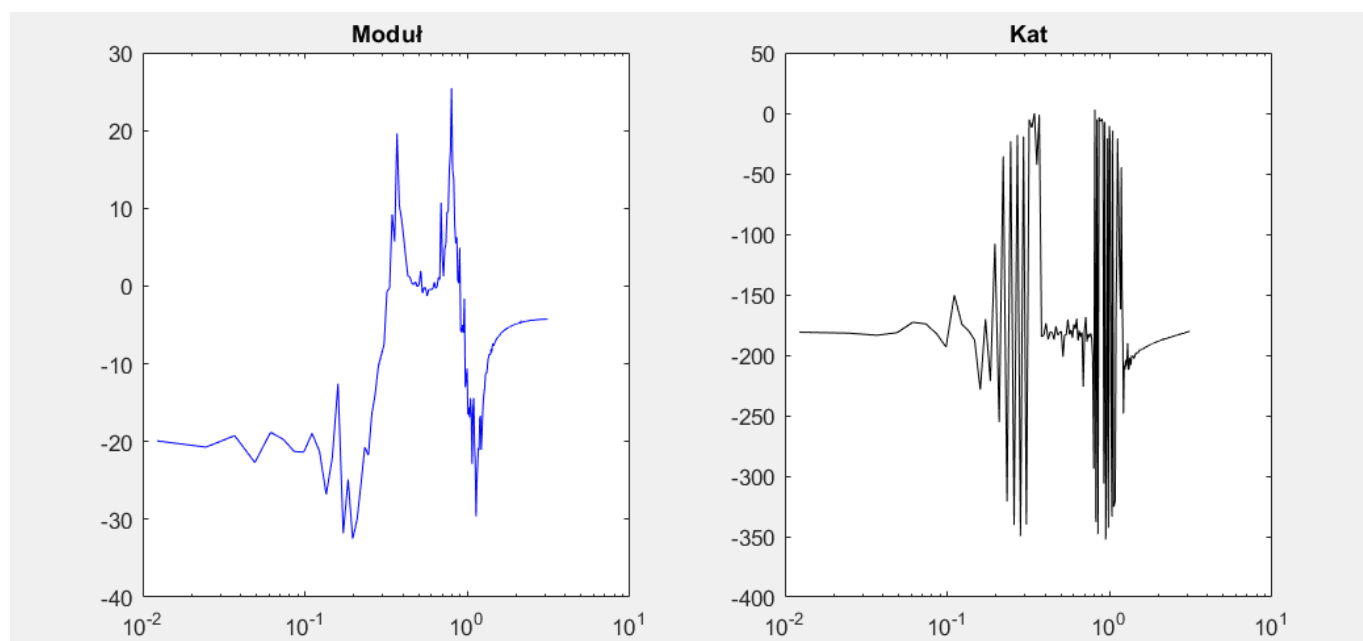
METODY NIEPARAMETRYCZNE #2

2.1 ANALIZA KORELACYJNA

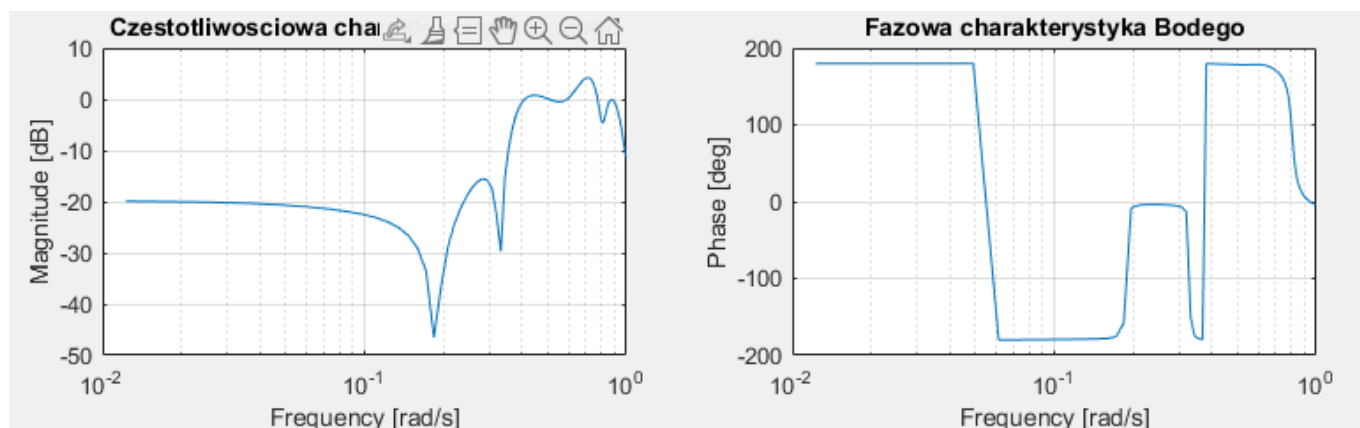


Rys. 2. Odpowiedź impulsowa i skokowa.

2.2 ANALIZA WIDMOWA



Rys. 3. Charakterystyka modułowa i fazowa.



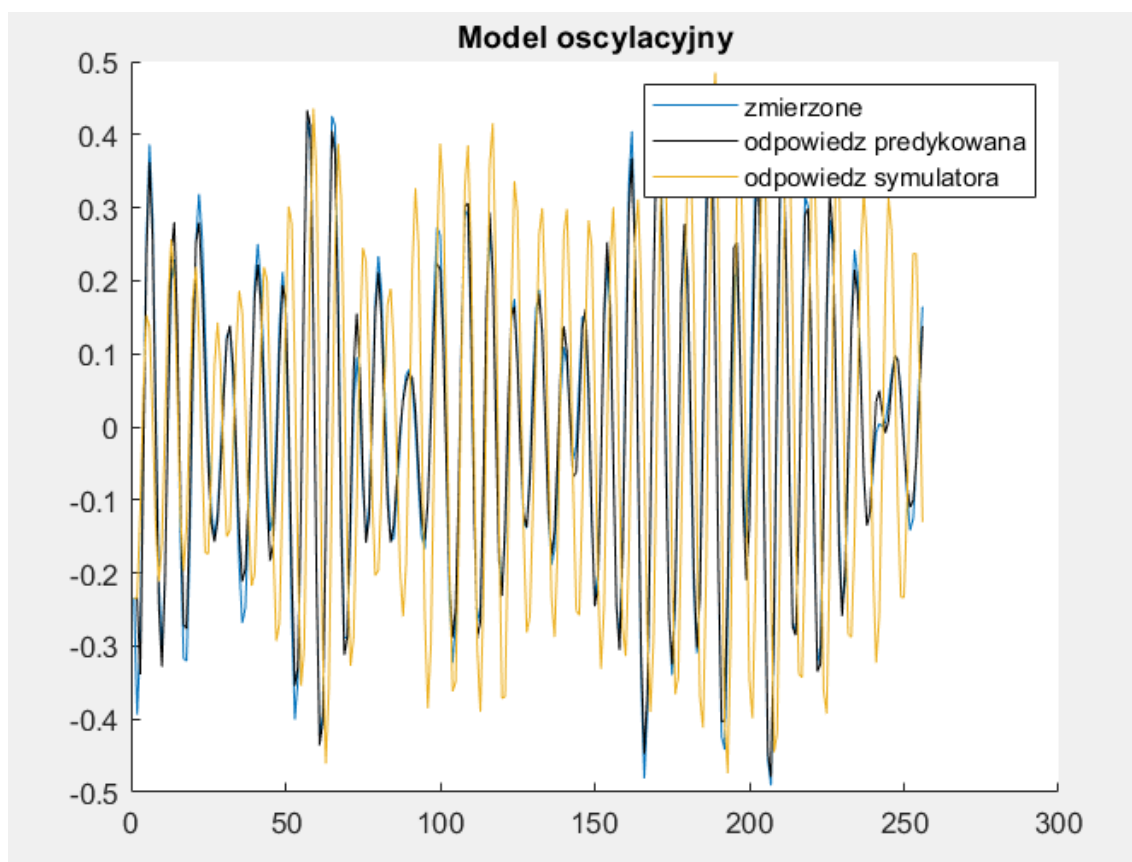
Rys. 4. Charakterystyka modułowa i fazowa - wygładzona.

2.3 WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy korelacyjnej możemy wywnioskować, że model charakteryzuje się silnymi oscylacjami, przez co możemy założyć że jest to obiekt wyższego rzędu. Wyniki analizy widmowej pozwalają stwierdzić że wzmocnienie statyczne nie jest liczbą całkowitą (wykresy bodego zaczynają się w minusie). Jednak analiza nieparametryczna nie dostarczyła nam dostatecznej ilości informacji i nie znamy dokładnej struktury naszego modelu. Dlatego zdecydowaliśmy się na przeprowadzenie identyfikacji typu BLACK-BOX.

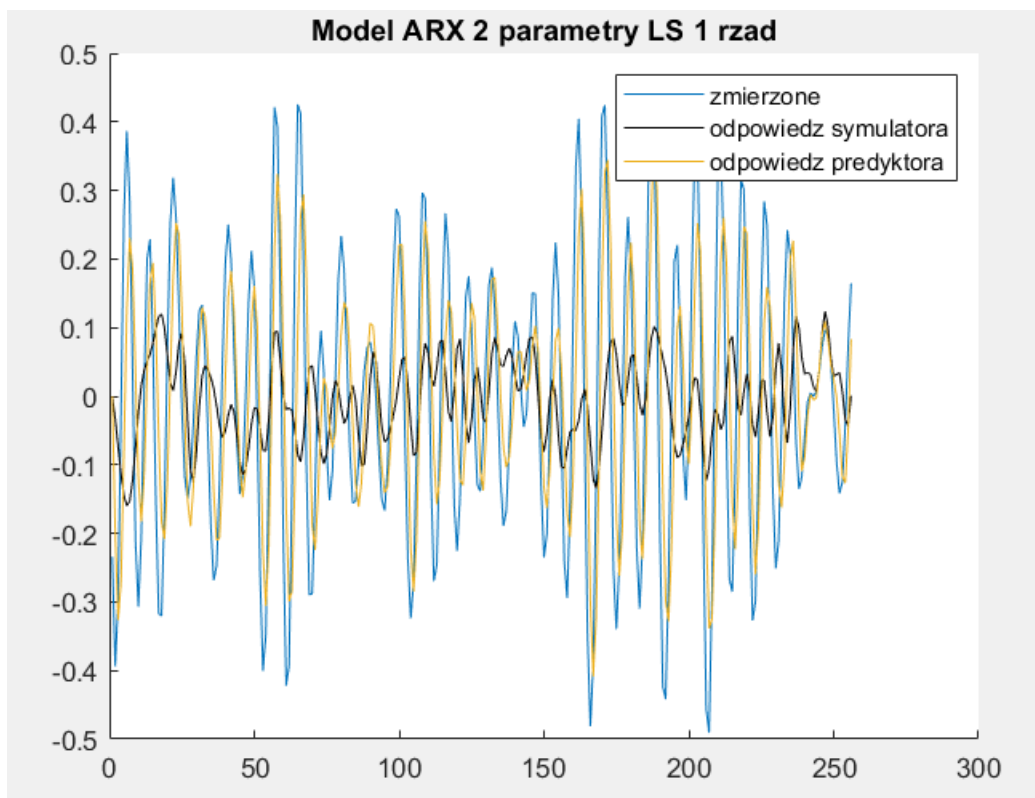
METODY PARAMETRYCZNE #3

3.1 MODEL OSCYLACYJNY

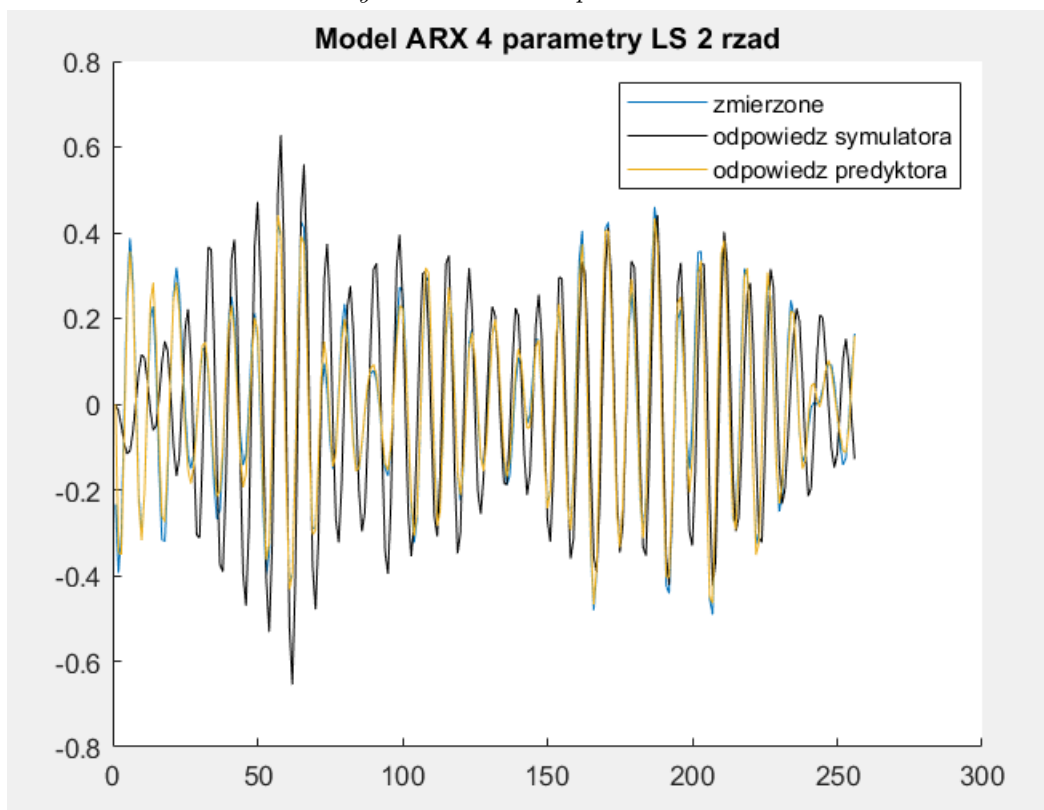


Rys. 5. Model oscylacyjny.

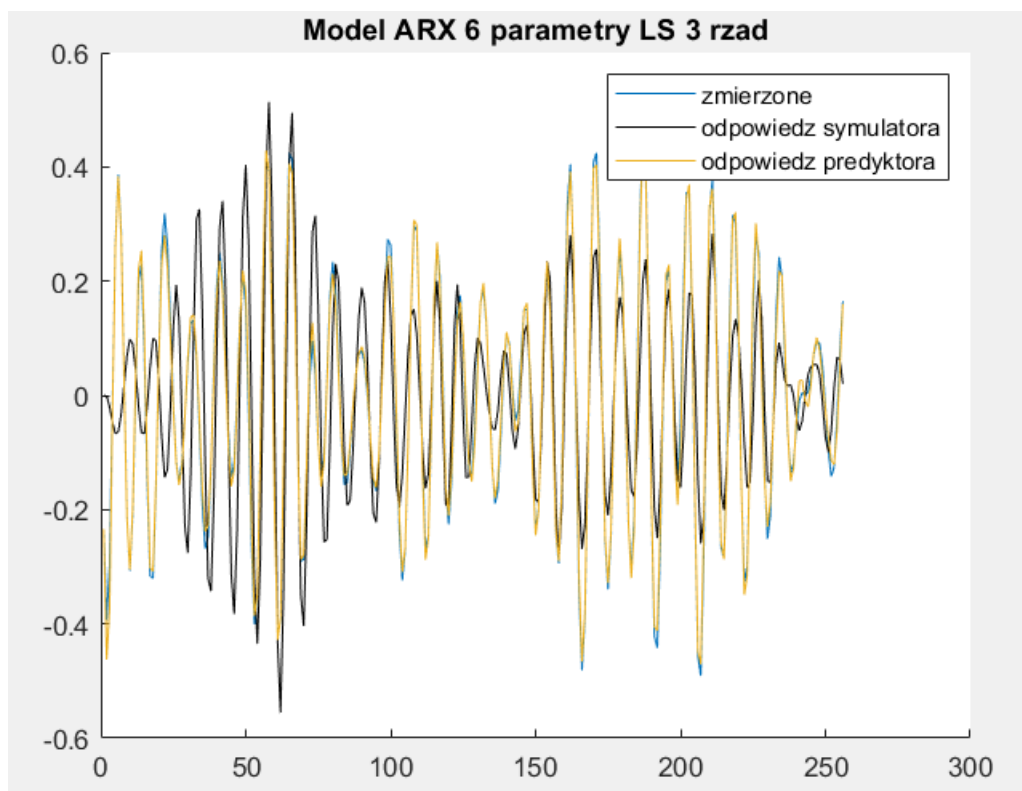
3.2 METODA NAJMNIEJSZYCH KWADRATÓW



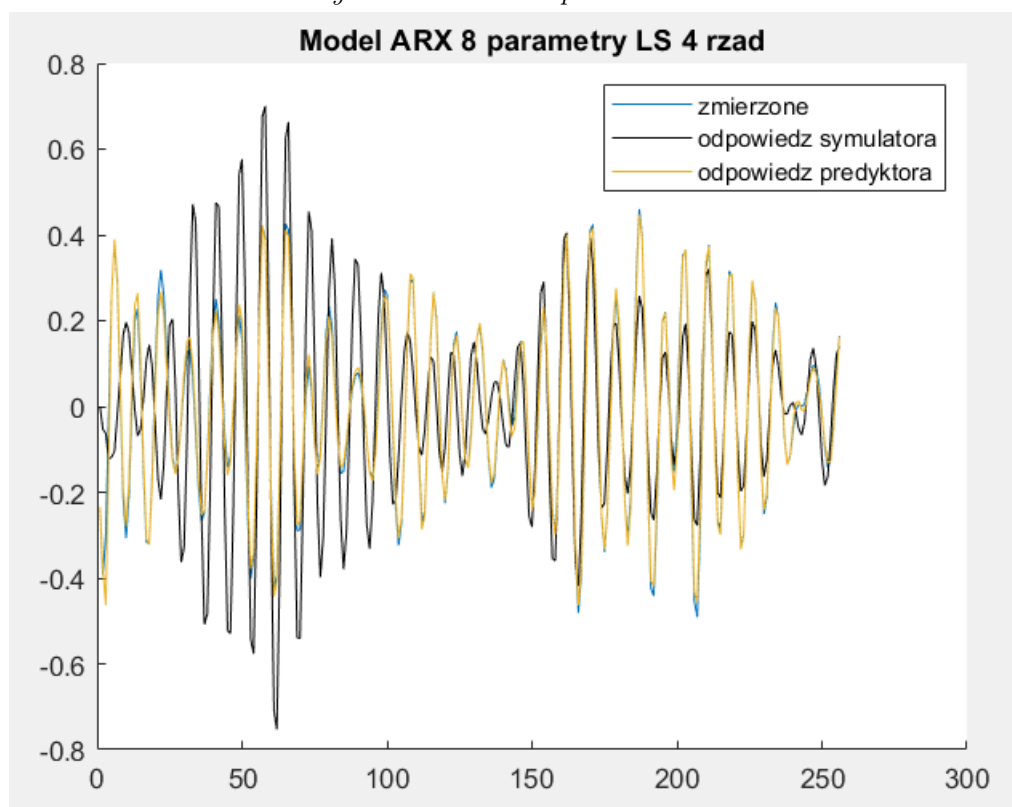
Rys. 6. Dla dwóch parametrów.



Rys. 7. Dla czterech parametrów.

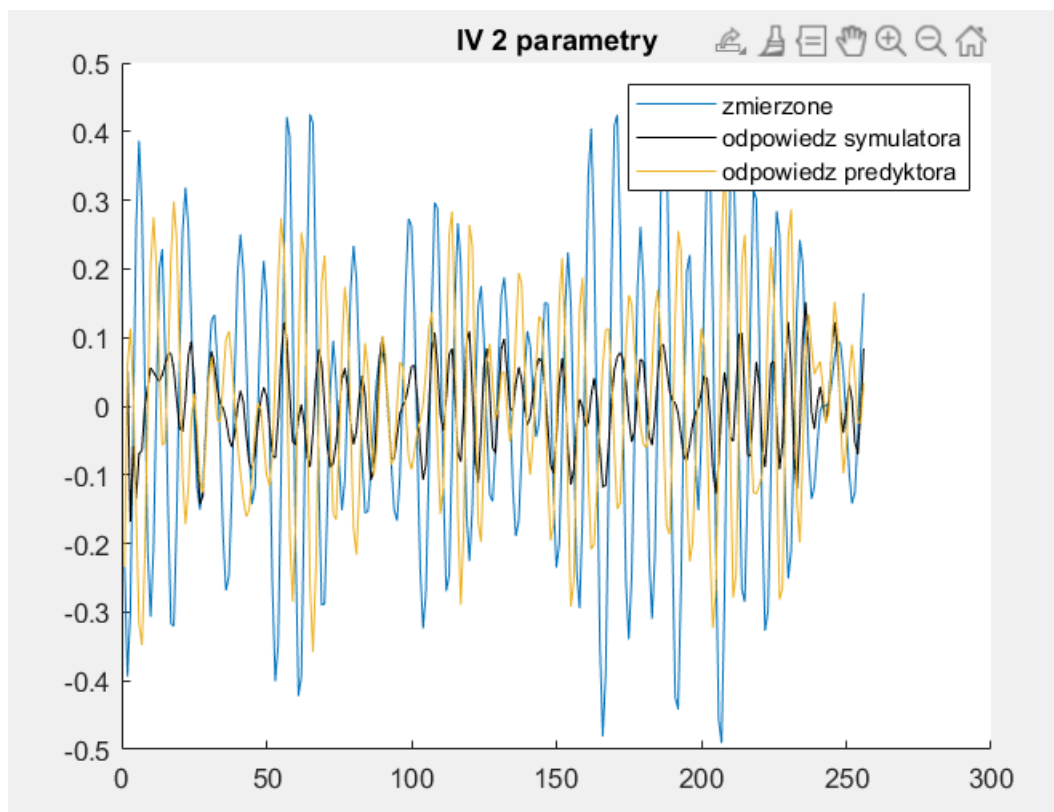


Rys. 8. Dla sześciu parametrów.

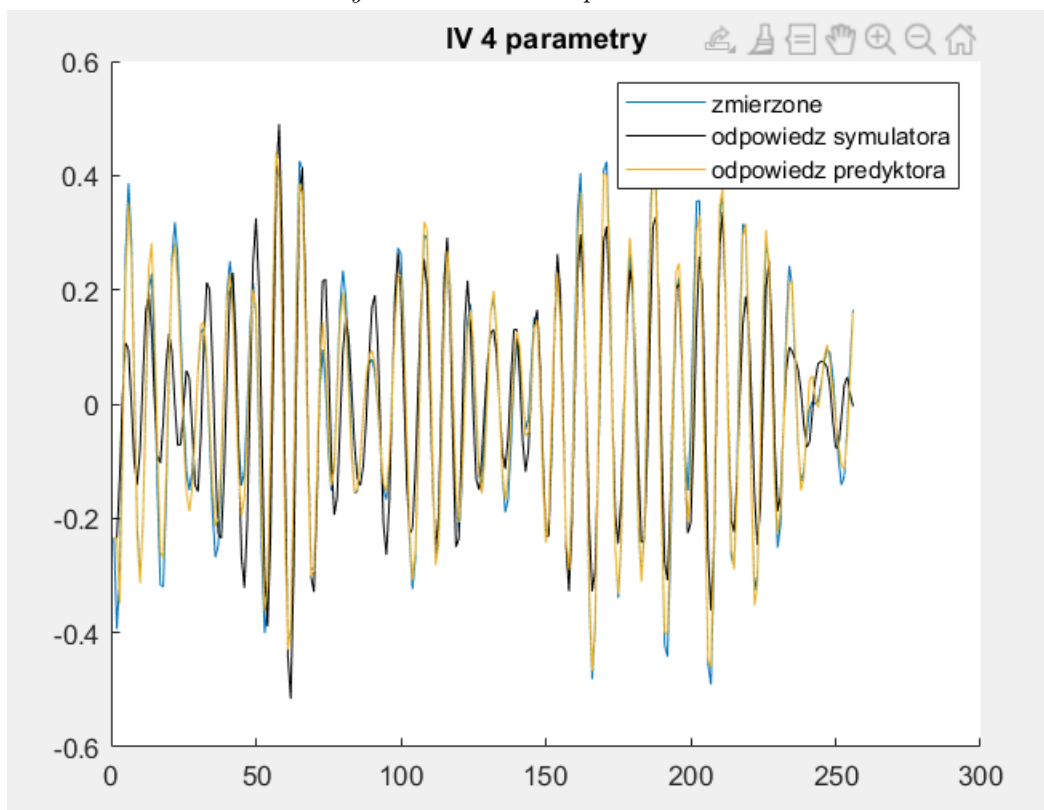


Rys. 9. Dla ośmiu parametrów.

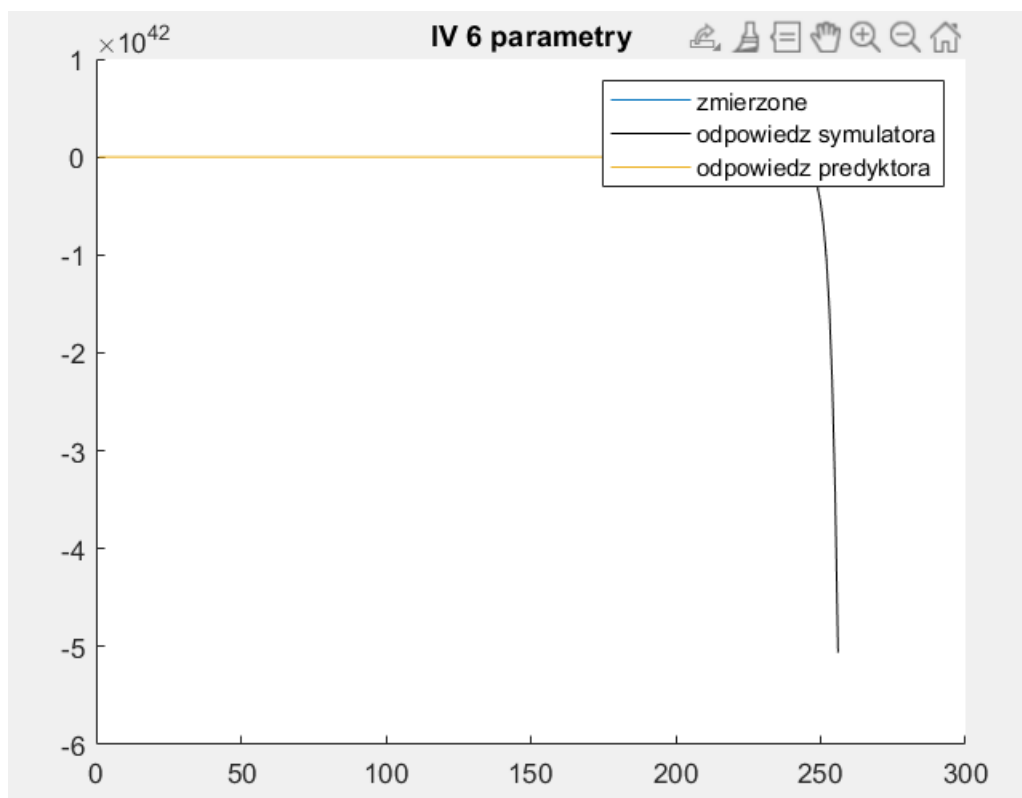
3.3 METODA ZMIENNYCH INSTRUMENTALNYCH



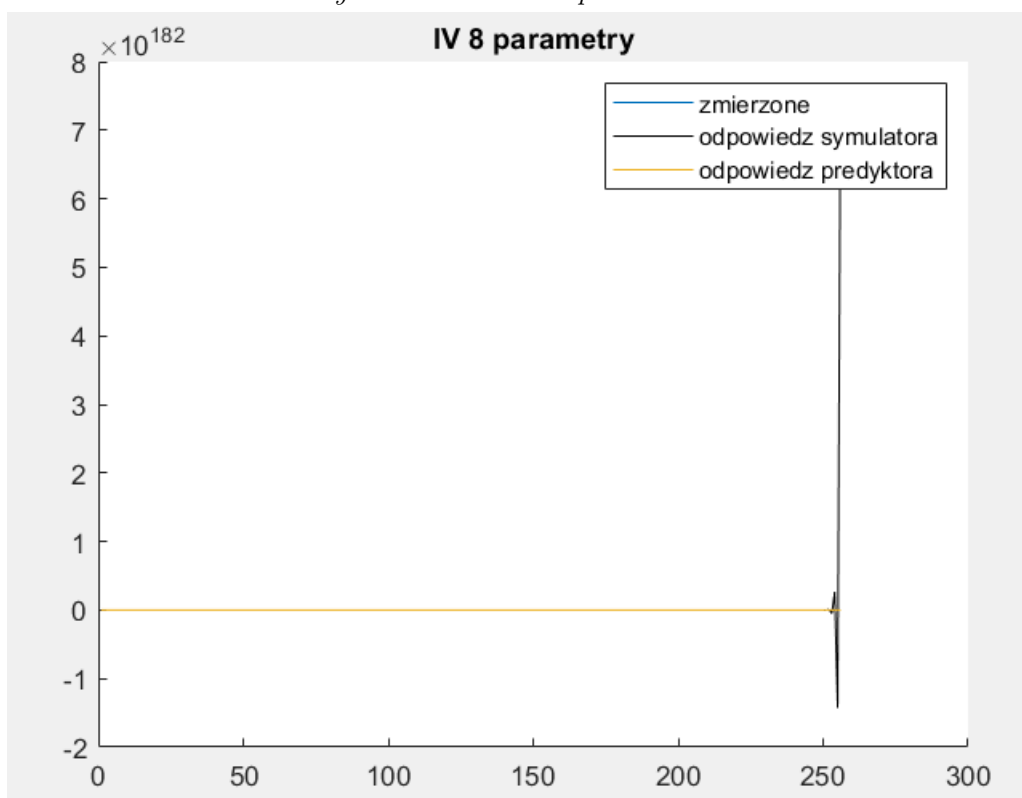
Rys. 10. Dla dwóch parametrów.



Rys. 11. Dla czterech parametrów.



Rys. 12. Dla sześciu parametrów.



Rys. 13. Dla ośmiu parametrów.

3.4 WNIOSKI

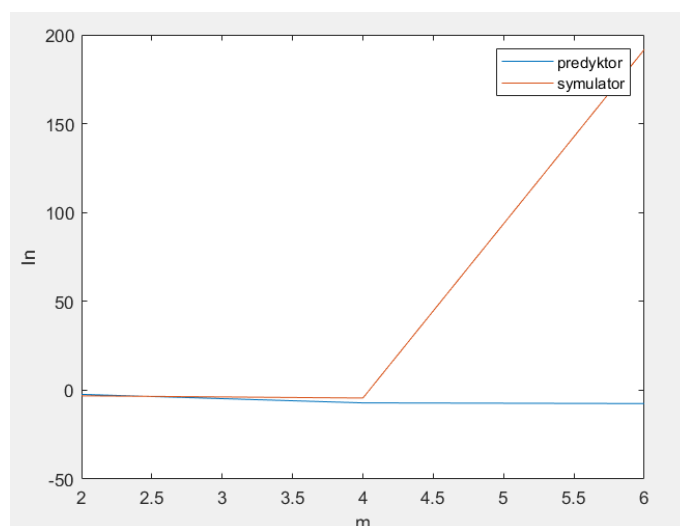
Podzielono dane pomiarowe na dwa zbiory. Jedne dane estymujące, a drugie weryfikujące. Użyto tylko połowy danych, ponieważ od połowy próbki były równe pierwszej połowie, ale z przeciwnym znakiem. Najpierw próbowano dopasować układ do modelu oscylacyjnego. Po wykresie można zauważyć, że odpowiedź modelu symulowanego jest dosyć zbliżona. W dalszej części testowano modele ARX dla metody najmniejszych kwadratów - LS, którą poznano na zajęciach laboratoryjnych. Nasz układ sprawdzano dla modeli od 1-5 rzędu. Najlepsze odwzorowanie uzyskano dla modelu 3 i 4 rzędu, czyli modeli z 6 i 8 parametrami oraz dla modelu 2 rzędu. Najgorszy dla modelu 5 rzędu, który okazał się niestabilny. Pierwszego rzędu również nie daje pożądanych rezultatów. Jest to spowodowane przez oscylacyjny charakter układu. Wyniki dla 2, 3 i 4 rzędu nie są idealne, ale w miarę oddają dynamikę układu. W dalszej części sprawdzono wyniki dla metody zmiennych instrumentalnych. Najlepszy wynik uzyskano dla 4 parametrów. Najgorszy dla 6 i 8, ponieważ model jest niestabilny oraz dla 2, gdzie model w ogóle sobie nie radzi. Z tych wszystkich wyników można wyróżnić model oscylacyjny, LS 2-4 rzędu oraz IV 2 rzędu.

WYBÓR MODELU #4

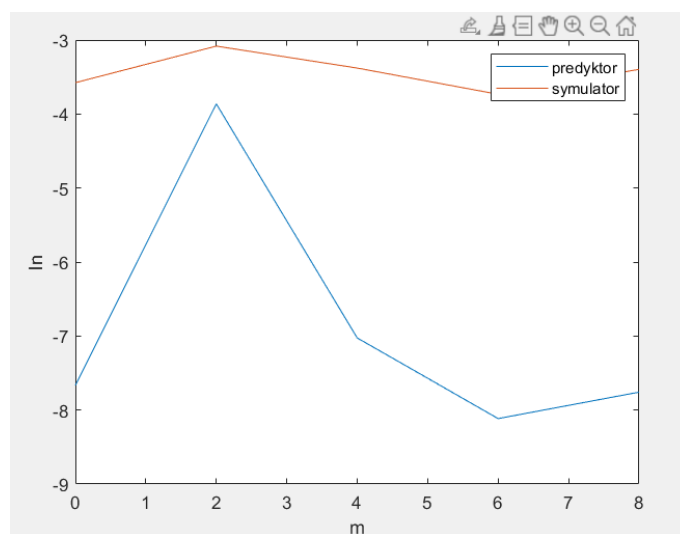
4.1 PORÓWNANIE WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW J I JFIT POSZCZEGÓLNYCH MODELI

<i>model</i>	J^N	K	$J_{FIT}^N \%$
<i>LS2</i>	0.0458	2	30.38
<i>LS4</i>	0.0341	4	85.68
<i>LS6</i>	0.0239	6	91.69
<i>LS8</i>	0.0335	8	90.07
<i>IV2</i>	0.0426	2	49.04
<i>IV4</i>	0.0122	4	86.39
oscylacyjny	$8.6584 \cdot 10^{-4}$	2	85.87

4.2 WYKRESU BŁĘDÓW PREDYKTORA I SYMULATORA

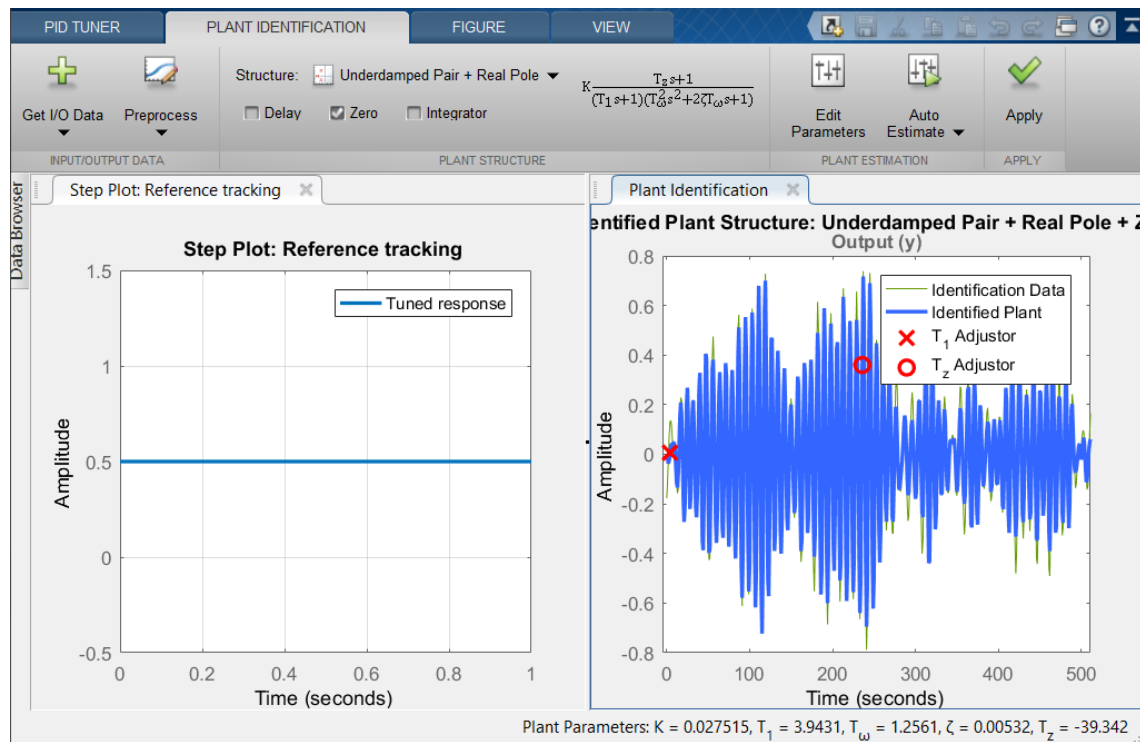


Rys. 14. Dla $[2,4,6]$ - model IV.



Rys. 15. Dla 0 - model oscylacyjny, dla $[2,4,6,8]$ - LS.

4.3 SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX - MATLAB



Rys. 16. Screen z System Identification Toolbox - automatyczna identyfikacja systemu.

Przekształcona transmitancja identyfikowanego obiektu określona poprzez program MATLAB:

$$G(s) = \frac{kT_z s + 1}{(T_1 + 1)(T_\omega^2 s^2 + 2\xi T_\omega s + 1)}$$

Automatyczna estymacja parametrów na podstawie dopasowania przebiegu do wprowadzonych do narzędzia MATLABa sygnałów, określiła parametry transmitancji następująco:

$$k = 0,0275, T_1 = 3,9431, T_\omega = 1,2561, \xi = 0,00532, T_z = 39,342$$

Określenie struktury obiektu:

$$G(s) = \frac{b_1 s + b_2}{s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3}$$

$$G(s) = \frac{-0.1739s + 0.0044}{s^3 + 0.203s^2 + 0.636s + 0.1607}$$

$$b_1 = -0.1739, b_2 = 0.0044, a_1 = 0.203, a_2 = 0.636, a_3 = 0.1607$$

4.4 WNIOSKI

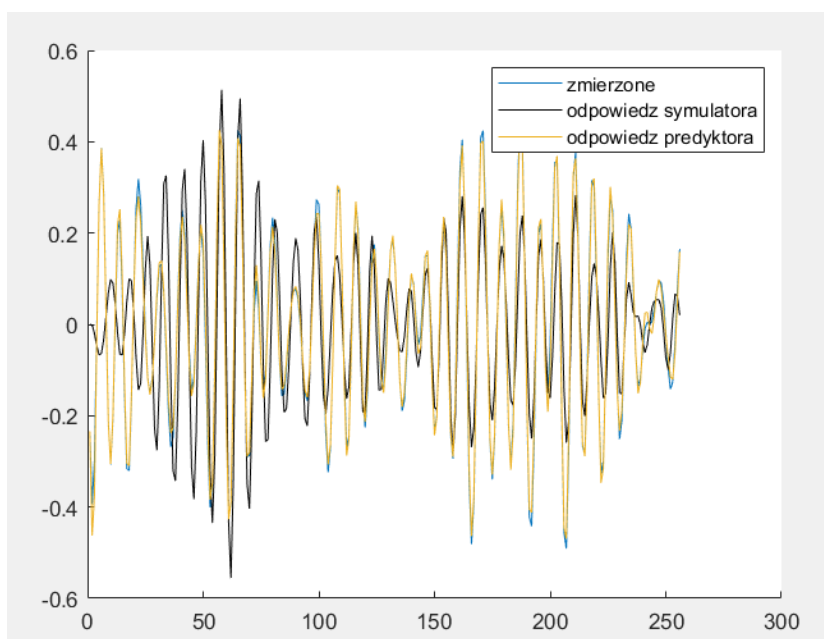
Na podstawie danych zawartych w tabeli oraz wykresów błędów estymacji (błąd predyktora i symulatora), stwierdziliśmy najlepsze są modele 3 i 4 rzędu, ale ze względu na złożoność lepszym wyborem jest model LS 3 rzędu. Do wyznaczenia J_{fit} użyto odpowiedzi predyktora, ponieważ mamy zaszumioną odpowiedź systemu, a on ten szum weźmie pod uwagę. Ponadto wykorzystując System Identification Toolbox udało nam się określić przybliżoną transmitancję obiektu (??) oraz liczbę parametrów potrzebnych do jego identyfikacji, co upewniło nas że właściwym wyborem jest model z 6 parametrami 3 rzędu. Model obiektu był trudny do ustalenia, jednak najlepszym wyborem jest LS6.

WERYFIKACJA MODELU

Wyznaczono macierz korelacji i na jej podstawie przedziały ufności 95%.

P_{LS6}	Przedział ufności 95%
-1.9684	$[-4.0317; 0.0949]$
1.7816	$[-1.1342; 4.6973]$
-0.5620	$[-2.6201; 1.4960]$
-0.0091	$[-0.9382; 0.9199]$
-0.0906	$[-1.4039; 1.2226]$
0.0877	$[-0.8447; 1.0201]$

Wszystkie parametry mieszczą się w przedziałach ufności. Również obliczone parametry przez System Identification Toolbox mieszczą się w przedziałach ufności. Ponadto niektóre parametry przechodzą przez 0, co może sugerować aby model skrócić o dany parametr. Również jeden przedział ufności jest symetryczny względem 0, więc można sprawdzić, czy uproszczenie równania, poprzez przyrównanie ich do 0, znacząco wpłynie na jakość modelu. Przyrównano $p_4 = 0$ sprawdzono wykresy i wskaźniki.



Rys. 17. Model z uproszczonym jednym parametrem $p_4=0$.

model	J^N	K	$J_{FIT}^N\%$
LS6	0.024	5	91.68

5.1 WNIOSKI

Uproszczenie jednego parametru nie wpłynęło znacząco na układ. Wykres oraz wskaźniki są dosyć zbliżone do wyników modelu z 6 parametrami. Ponadto wcześniej obliczona przybliżona transmitancja oraz ilość parametrów, sugeruje że usunięcie jednego parametru nie wpłynie na jakość modelowania, ponieważ wynikowy układ ma 5 parametrów, czyli dokładnie tyle co zidentyfikowany układ przez System Identification Toolbox. Zgodność liczby parametrów potwierdza zasadność przeprowadzonego uproszczenia. Również po uproszczeniu obliczone parametry przez System Identification Toolbox mieszczą się w przedziałach ufności.

PODSUMOWANIE

Zdecydowaliśmy się z pośród wszystkich wyznaczonych modeli wybrać model 3 rzędu z 6 parametrami, wyznaczony metodą LS. Nie jest on idealny i możliwe że inny model, którego nie poznaliśmy na zajęciach, mógłby lepiej odwzorowywać dany układ. Mimo wszystko wyniki są w miarę zadowalające i satysfakcjonujące. Wybór ten jest kompromisem między elastycznością, a oszczędnością modelu. Odrzuciliśmy modele 4 rzędu ze względu na dużą złożoność i trudność, ale też przez wzgląd na wynik w otrzymany w System Identification Toolbox. Modele drugiego rzędu, pomimo że są prostsze w implementacji, to miały gorsze wskaźniki, więc również zostały odrzucone. Przeprowadzenie identyfikacji systemu w ramach realizowanego projektu umożliwiło poszerzenie wiedzy z zakresu poprawnego wyodrębniania informatywnych danych, pozyskiwania wiedzy wstępnej o obiekcie na podstawie analizy korelacyjnej, analizy widmowej oraz estymacji parametrycznej. Ostateczny wybór modelu został przeprowadzony w oparciu o reguły przedstawione na wykładach, tj.:

- wyznaczony model użytkowy jest akceptowalny, jeżeli jest on skuteczny w danym zastosowaniu,
- spośród wszystkich akceptowalnych modeli wybieraj ten o najoszczędniejszej strukturze, bo najważniejsze jest uchwycenie tych cech systemu, które są kluczowe z punktu widzenia danego zastosowania,
- ostateczna decyzja o akceptacji modelu należy do projektanta modelu (decyzja subiektywna).