

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ AUTOMATYKI, ROBOTYKI I ELEKTROTECHNIKI

INSTYTUT ROBOTYKI I INTELIGENCJI MASZYNOWEJ

ZAKŁAD STEROWANIA I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ



PROJEKT

IDENTYFIKACJA SYSTEMÓW

PROTOKÓŁ IDENTYFIKACJI SYSTEMU

KONSTANTY ODWAŻNY, 144514

KONSTANTY.ODWAZNY@STUDENT.PUT.POZNAN.PL

JĘDRZEJ SZCZERBAL, 144510

JEDRZEJ.SZCZERBAL@STUDENT.PUT.POZNAN.PL

PROWADZĄCY:

DR INŻ. JOANNA ZIĘTKIEWICZ

JOANNA.ZIETKIEWICZ@PUT.POZNAN.PL

12.06.2022



Spis treści

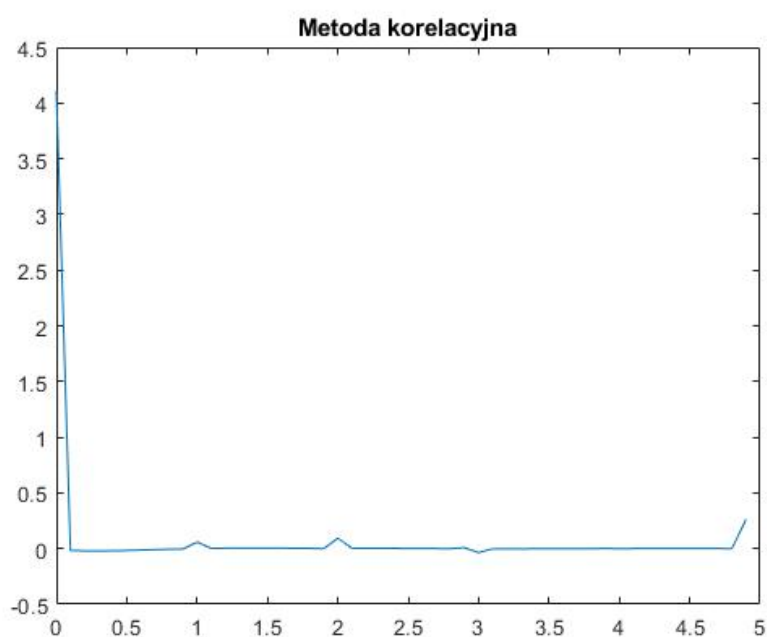
1	Wstęp	3
2	Wiedza wstępna	3
3	Metody parametryczne	4
3.1	Model statyczny	4
3.2	Metoda LS i modele ARX	5
3.3	Metoda IV	7
4	Weryfikacja modeli	9
4.1	Wnioski	10
	Podsumowanie	10

WSTĘP

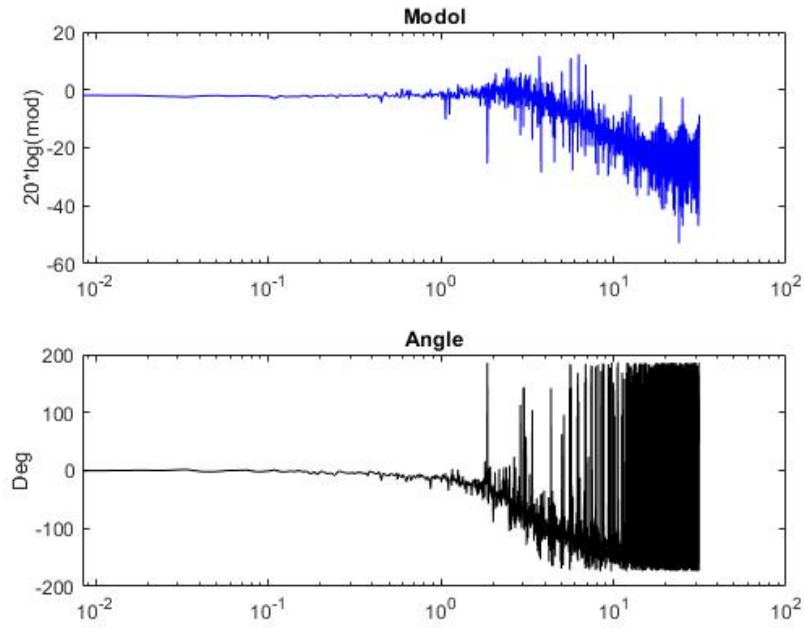
Celem projektu była identyfikacja systemu z zestawu nr. 3, Reaktor. W celu identyfikacji modelu oraz jego parametrów, wykorzystane zostały metody poznane w toku realizowanych zajęć laboratoryjnych. Uzyskane wyniki poddane zostały sprawdzeniu, przez zastosowanie, zaprezentowanych przez prowadzących metod weryfikacji i kryteria.

WIEDZA WSTĘPNA

Wiedzę wstępną o układzie uzyskaliśmy na podstawie pliku tekstowego dołączonego do zestawu oraz z metod nieparametrycznych. Z pliku wynikało, że okres próbkowania wynosi 0,1, ilość próbek N to 7500 oraz że wyniki są w Kelwinach. Następnie w celu rozszerzenia wiedzy o obiekcie poddaliśmy go metodą analizy korelacyjnej oraz widmowej.



Rys. 1. Odpowiedź impulsowa - analiza korelacyjna



Rys. 2. Wykresy Bodego - analiza widmowa

Z wykresów powyżej udało nam się dowiedzieć, że prawdopodobnie nasz model ma charakter inercyjny. Jednak nadal nie znamy dokładnie struktury naszego modelu dlatego mamy tutaj do czynienia z identyfikacją typu Black-Box.

METODY PARAMETRYCZNE

Po zdobyciu wiedzy wstępnej przechodzimy do parametryzacji naszego układu. Ponieważ stwierdziliśmy, że nie mamy struktury naszego modelu i identyfikację Black-Box, będziemy testować kilka modeli dla naszego układu w celu porównania dokładności. W celu lepszych testów nasz zbiór podzieliliśmy na zbiór do estymacji Zest oraz do weryfikacji Zwer.

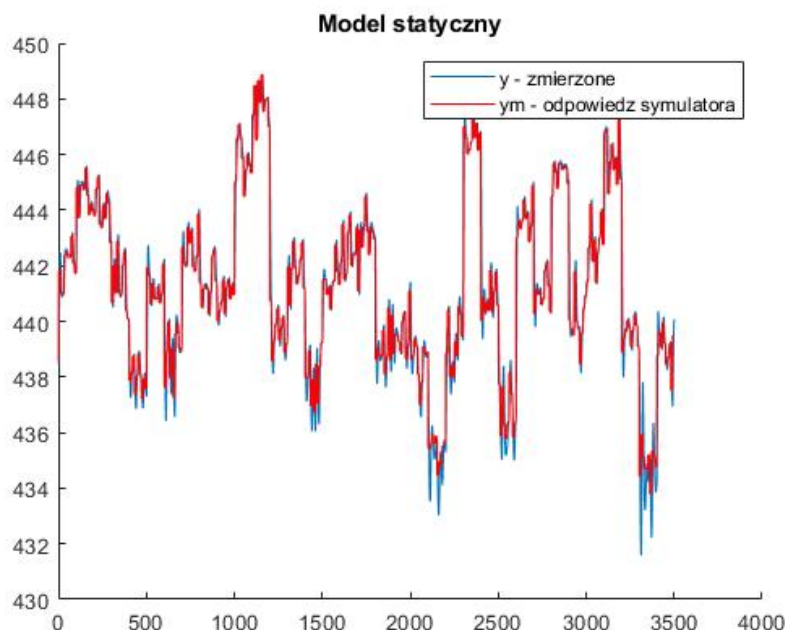
3.1 MODEL STATYCZNY

Pierwszą próbą dla naszego układu było dopasowanie go do modelu statycznego. Równanie zapisaliśmy w postaci regresji liniowej aby można było wyznaczyć w łatwy sposób parametry p .

$$\hat{p}_N^{LS} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T y, \quad \Phi = \begin{bmatrix} \varphi_1^T(u) \\ \vdots \\ \varphi_N^T(u) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{N \times d_p}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^N,$$

Rys. 3. Wzór na wektor parametrów p

Wybrana struktura modelu statycznego : $y[n] = p(1) * u[n] + p(2)$



Rys. 4. Odpowiedź modelu statycznego

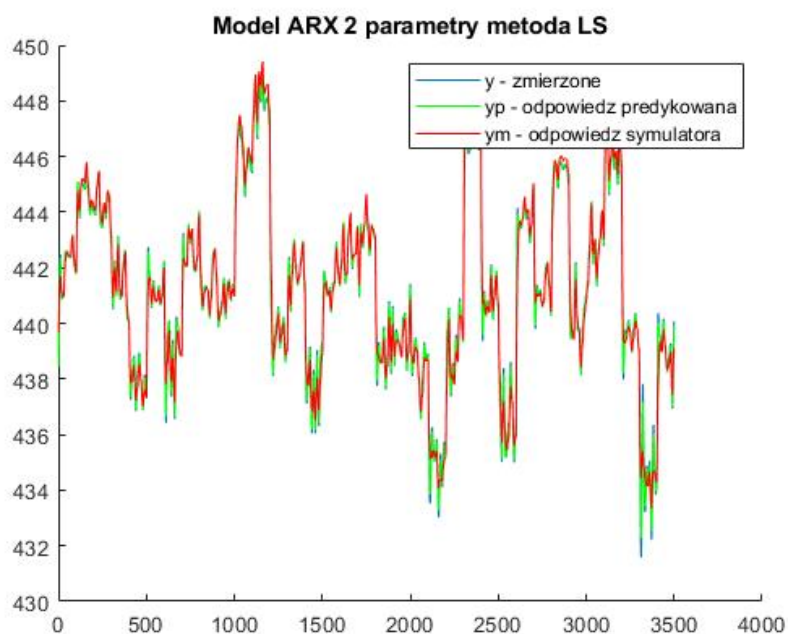
Jak widać po wykresie odpowiedź modelu symulowanego jest dość zbliżona do odpowiedzi zbioru weryfikacyjnego. Jednak jest to nadal model statyczny, który nie uwzględnia żadnej dynamiki układu. Dlatego w dalszej części testujemy modele ARX, lecz po wstępnych analizach zauważyliśmy, że wyniki układu dynamicznego liczonego wprost dla modelu ARX dają gorsze rezultaty od modelu statycznego. Wykresy modeli ARX są przesunięte w dół dlatego zdecydowaliśmy się dołożyć do modeli składową stałą. Dobry rezultat metody statycznej oraz duży parametr $p(2)$ świadczą o dużym znaczeniu owej składowej stałej.

3.2 METODA LS I MODELE ARX

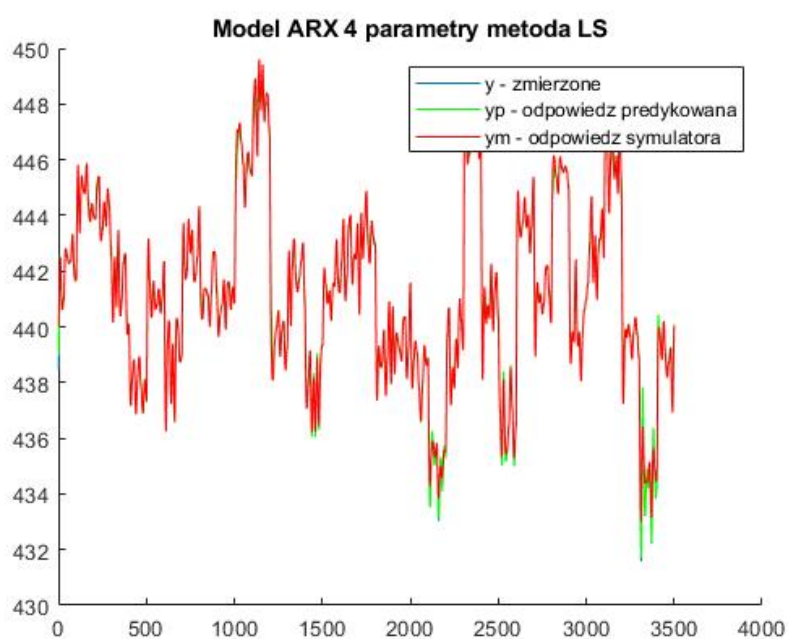
Po sprawdzeniu modelu statycznego przeszliśmy do dopasowania układu do modelu ARX ze składową stałą, metodą najmniejszych kwadratów - LS. Sprawdzimy nasz układ dla modeli z 2, 4 i 6 parametrami klasy ARX plus składowa stała do każdego modelu.

$$A(q^{-1}, p)y(n) = B(q^{-1}, p)u(n) + e(n) \quad \Rightarrow \quad y(n) = G(q^{-1}, p)u(n) + v(n),$$

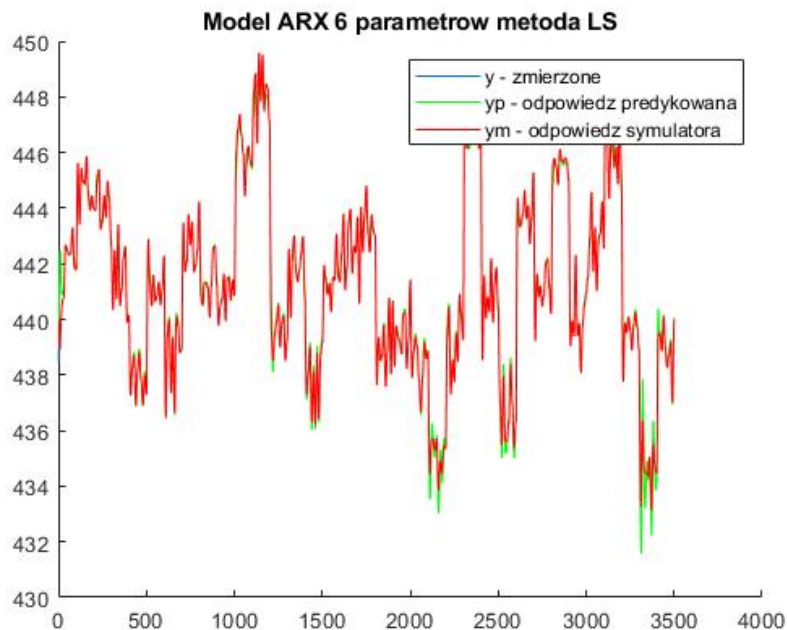
Rys. 5. Model klasy ARX



Rys. 6. Odpowiedź układu - ARX 3 parametry



Rys. 7. Odpowiedź układu - ARX 5 parametrów



Rys. 8. Odpowiedź układu - ARX 7 parametrów

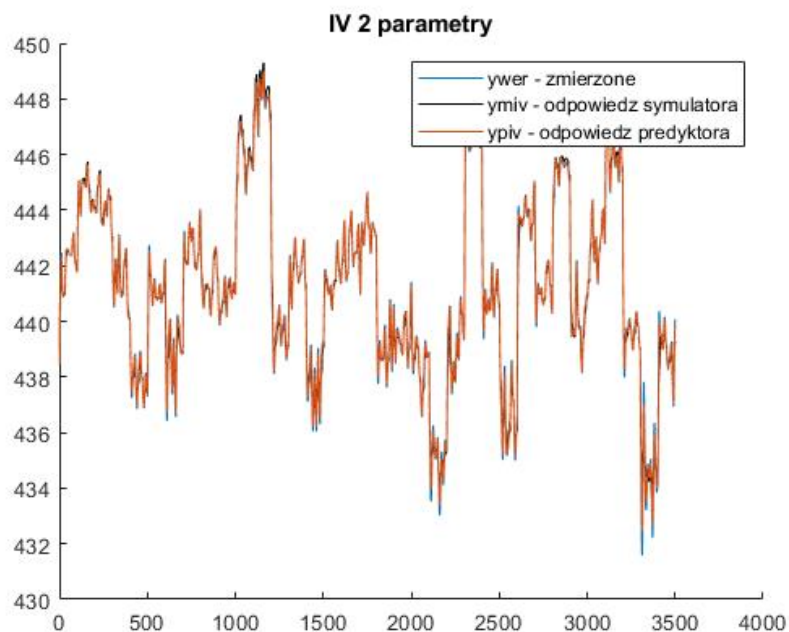
Jak możemy zauważyć wykresy modelu klasy ARX wyliczone metodą LS są bardzo zbliżone do zmierzonej odpowiedzi układu. Jednak dla 2 parametrów wykres predyktora jedno-krokowego jest nieco inna od zbioru weryfikacyjnego, podczas gdy dla większej ilości parametrów są identyczne. Dodanie składowej stałej poprawiło też rezultaty naszych modeli.

3.3 METODA IV

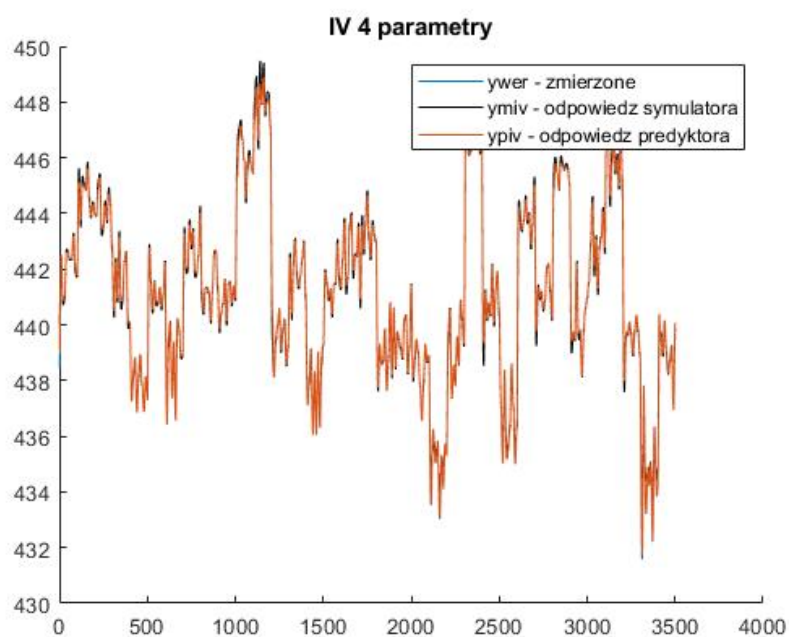
W celu sprawdzenia, czy zakłócenie układu, którego nie znamy ma duży wpływ na odpowiedź naszego modelu użyliśmy metody zmiennych instrumentalnych, gdyż dla niej predyktor jest zgodny mimo występowania szumu kolorowego.

$$\hat{p}_N^{IV} = (Z^T \Phi)^{-1} Z^T y, \quad Z = \begin{bmatrix} z^T(1) \\ \vdots \\ z^T(N) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{N \times d_p}, \quad y = \begin{bmatrix} y(1) \\ \vdots \\ y(N) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^N,$$

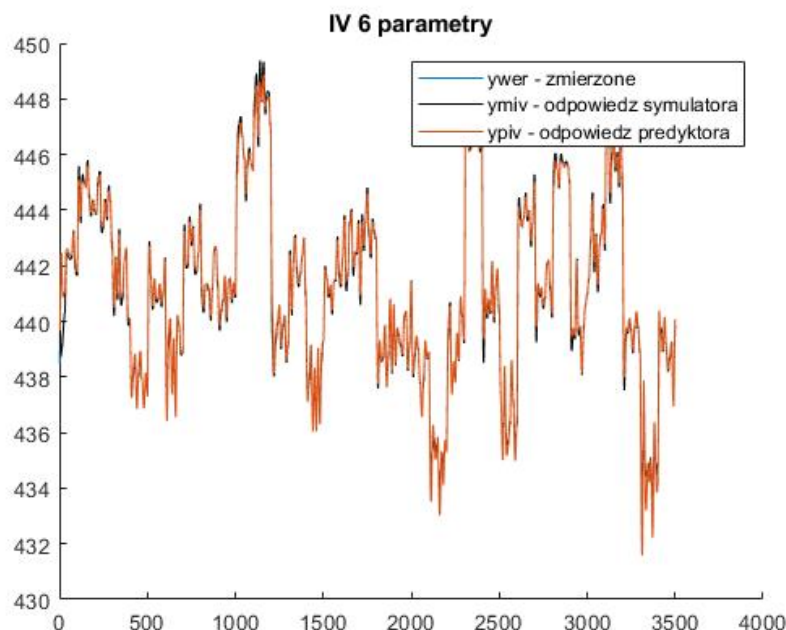
Rys. 9. Metoda IV - wzór na wektor parametrów



Rys. 10. Odpowiedź układu - IV 3 parametry



Rys. 11. Odpowiedź układu - IV 5 parametrów



Rys. 12. Odpowiedź układu - IV 7 parametrów

Jak możemy zauważyć w odpowiedzi naszego modelu widać poprawę szczególnie dla 3 parametrów. Metoda IV pomogła w dobrym odwzorowaniu Zwer już nawet dla modelu o najniższym stopniu. Jednak do ostatecznego wyboru modelu przejdziemy po sprawdzeniu kilku metod weryfikacji.

WERYFIKACJA MODELI

W celu ostatecznego wyboru najlepszego modelu użyjemy kilku metod weryfikacji matematycznej modelu. Sprawdzimy błąd predykcji, estymacji, przedziały ufności oraz sprawdzimy wskaźniki uwzględniające złożoność modelu.

Tab. 1. Uzyskane wartości parametrów modelu

Pls_2	Pls_4	Pls_6	Piv_2	Piv_4	Piv_6
-0,7995	-1,7102	-2,5623	-0,7315	-1,6605	-2,5567
-0,1643	0,7846	2,2559	-0,2157	0,7437	2,2286
104,8646	-0,1198	-0,6829	140,0424	-0,1198	-0,6656
	0,0617	-0,1194		0,0544	-0,1195
	38,6194	0,1585		43,2825	0,1579
		-0,048			-0,0433
		5,598			3,2549

Tab. 2. Wartości błędu predykcji i estymacji

metoda	2param	4param	6param
V_{pls}	0,01807	0,00182	0,00171
V_{piv}	0,02046	0,00180	0,00171
$V_{m_{ls}}$	0,19777	0,08016	0,08725
$V_{m_{iv}}$	0,13217	0,06069	0,09873

Tab. 3. Przedziały ufności

Pls_2	Pls_4	Pls_6	Piv_2	Piv_4	Piv_6
-1,023; -0,575	-3,564; 0,144	-16,490; 11,365	-0,998; -0,465	-3,809; 0,488	-40,062; 34,949
-0,342; 0,013	-0,731; 2,3	-21,672; 26,184	-0,423; -0,008	-0,974; 2,461	-60,548; 65,005
-11,22; 220,95	-0,559; 0,319	-11,768; 10,402	140,042; 140,042	-0,560; 0,320	-29,196; 27,864
	-0,53; 0,653	-0,658; 0,419		-0,586; 0,695	-0,658; 0,419
	-215,9; 293,1	-1,669; 1,986		27,113; 59,452	-4,387; 4,703
		-1,173; 1,078			-2,134; 2,047
		-616,13; 627,32			3,255; 3,255

4.1 WNIOSKI

Jak można zauważyć dla modelu LS oraz IV przy większej ilości parametrów niektóre przedziały ufności przechodzą przez 0, co może lecz nie musi sugerować aby model o dany parametr skrócić. Najmniejszy błąd estymacji ma model IV dla 3 parametrów. Widzimy wzrost błędu zarówno dla metody LS i IV błędu estymacji przy 7 parametrach względem 5, co może świadczyć o tym iż parametrów jest już za dużo.

PODSUMOWANIE

Najlepsze wyniki uzyskaliśmy metodą zmiennych instrumentalnych i LS dla 4 lub 6 parametrów przy dodaniu offsetu. Z racji na bardzo zbliżony błąd predykcji wszystkich tych modeli, zgodnie z kryterium oszczędności modelu wersja cztero-parametryczna metody IV lepiej spełnia wymagania projektowe. Wybór ten jest kompromisem między elastycznością, a oszczędnością modelu. Odrzuciliśmy modele 3 parametryczne ze względu na zauważalnie większy błąd estymacji.