



AGH

Projekt identyfikacji modelu RLC za
pomocą wzmacniacza
piezoelektrycznego

Bartosz Koszołko, Aleksander Czajczyński

Spis treści

1	Cel projektu i narzędzia.....	3
2	Struktura projektu.....	3
3	Wstęp teoretyczny.....	4
3.1	Prezentacja danych i wyznaczenie zależności.....	4
3.2	Wyznaczenie zależności	5
4	Optymalizacja identyfikacji	7
4.1	Metody optymalizacji	7
4.2	Porównanie wyników	9
5	GUI.....	10
6	Podsumowanie i wnioski.....	10

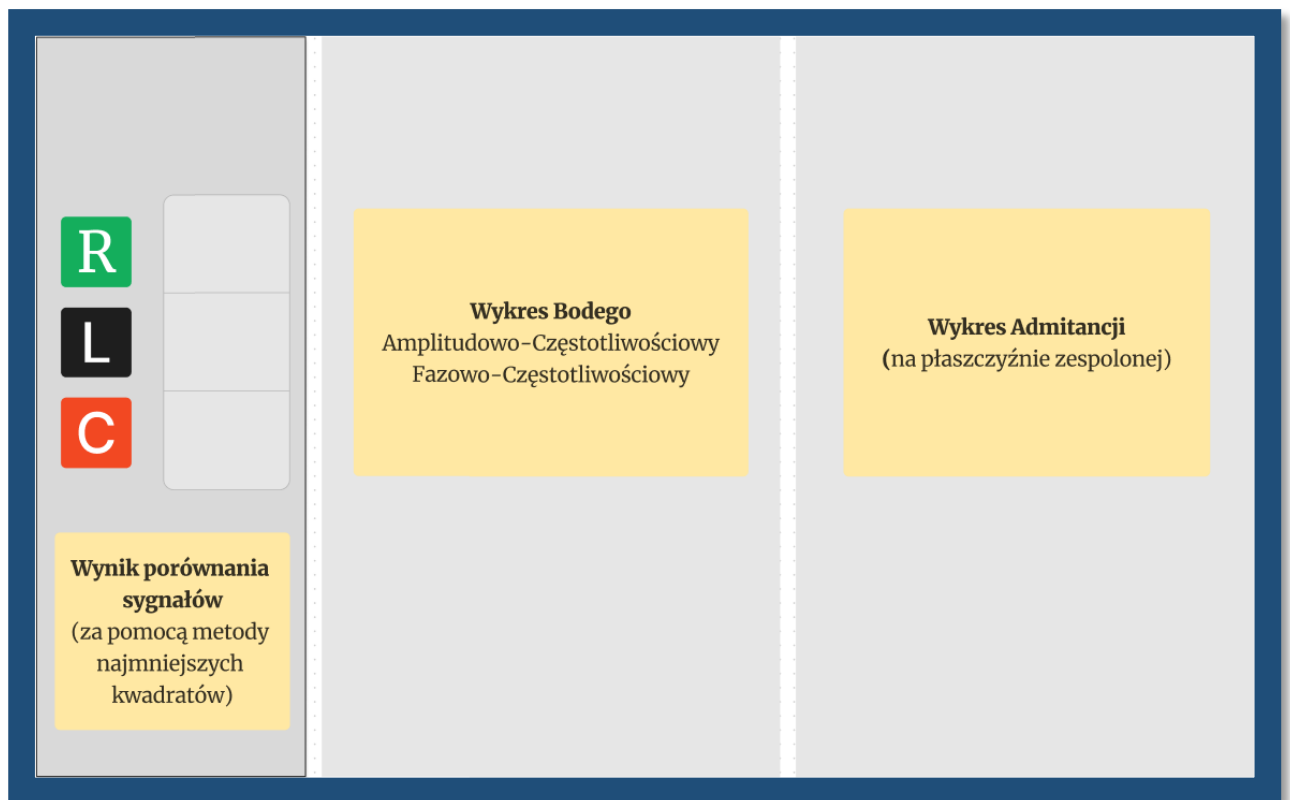
1 Cel projektu i narzędzia

Celem projektu jest identyfikacja zadanego układu RLC oraz stworzenie GUI, które pozwoli na uzyskanie odpowiedzi układu dla zadanych parametrów RLC. Pozwoli to na porównywanie modelu referencyjnego z modelem podanym w GUI za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Do wykonania projektu użyto MATLAB R2022b wraz z wbudowanym narzędziem AppDesigner.

2 Struktura projektu

Projekt podzielimy na dwie części: identyfikacji podanego układu oraz porównania tego układu z odpowiedzią układu podanego przez użytkownika. W części identyfikacji do wyznaczenia układu wykorzystano zależności i wzory, które zostaną omówione we wstępie teoretycznym. W części drugiej wykorzystując znalezioną wcześniej pojemność kondensatora C_0 wyznaczmy odpowiedź układu RLC podanego przez użytkownika. Odpowiedziami układu są wykresy: amplitudowo-częstotliwościowy (część rzeczywista admitancji), fazowo-częstotliwościowy (część urojona admitancji) oraz admitancji na płaszczyźnie zespolonej. Następnie oba układy zostaną umieszczone na wykresie i porównane za pomocą metody najmniejszych kwadratów.

Przykład widoku GUI, które zostanie zaimplementowane w MATLAB:

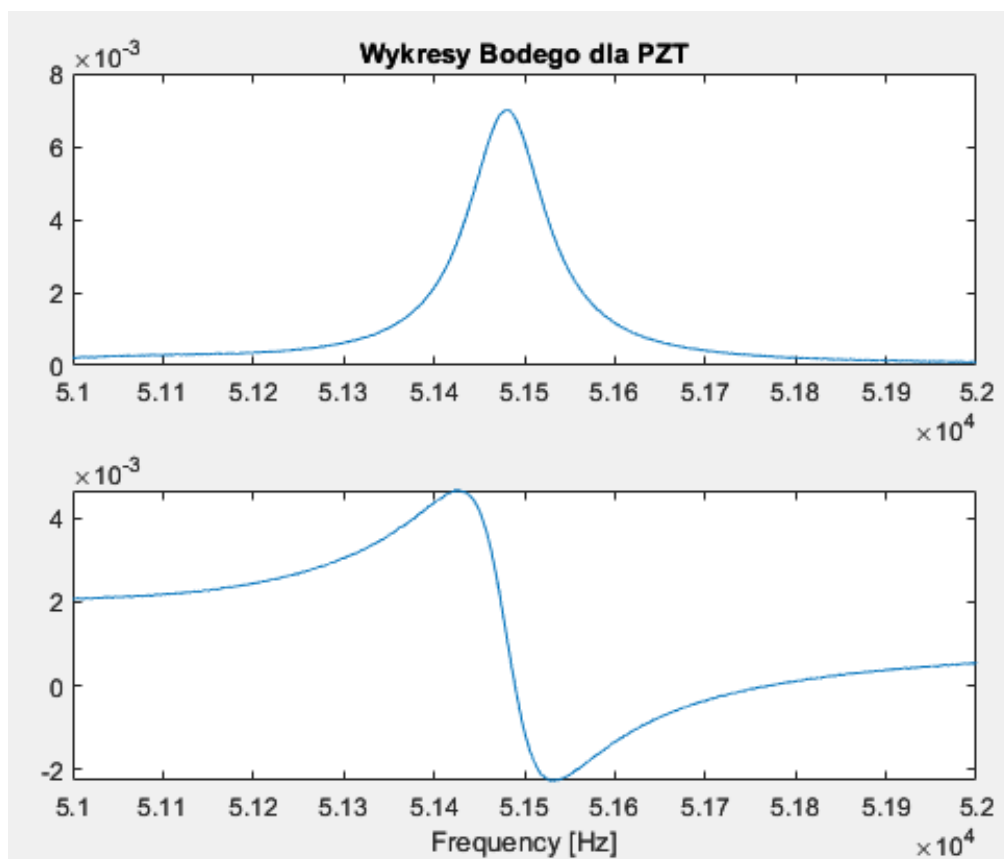


3 Wstęp teoretyczny

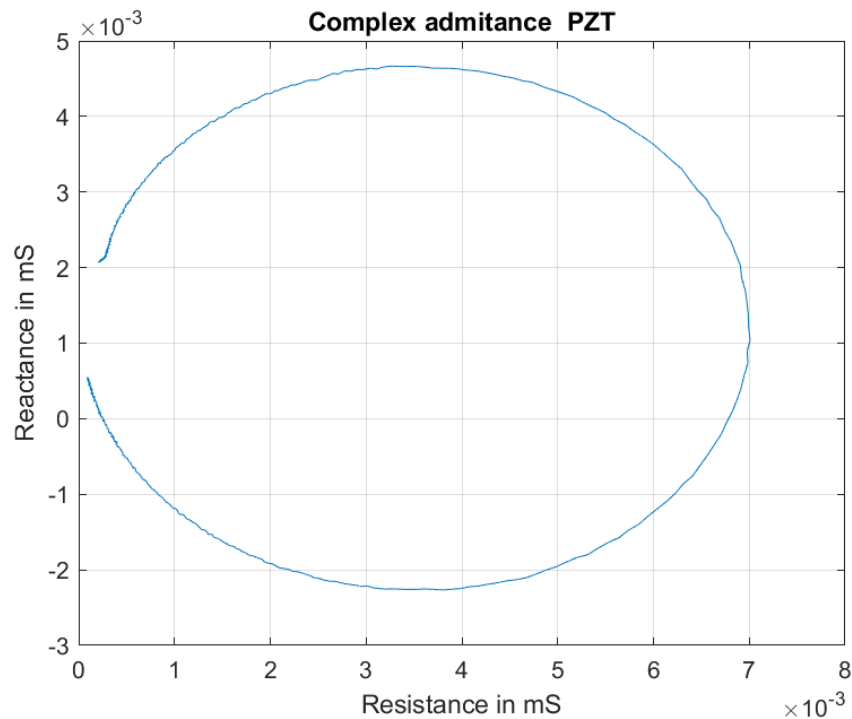
3.1 Prezentacja danych i wyznaczenie zależności

Danymi wejściowymi z przeprowadzonego eksperymentu są wartości admitancji, które są liczbami zespolonymi. Możemy zatem przedstawić je na dwa sposoby:

- Wykresy Bodego

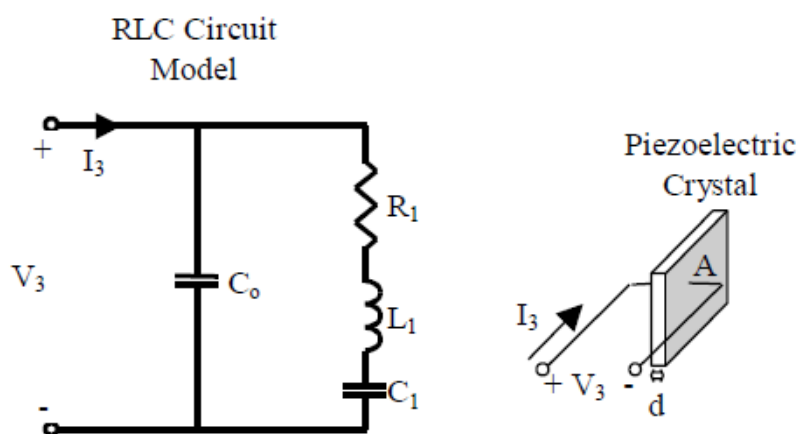


- Admitancja na płaszczyźnie zespolonej (wtedy na osi X znajdzie się rezystancja, a na osi Y - reaktancja)

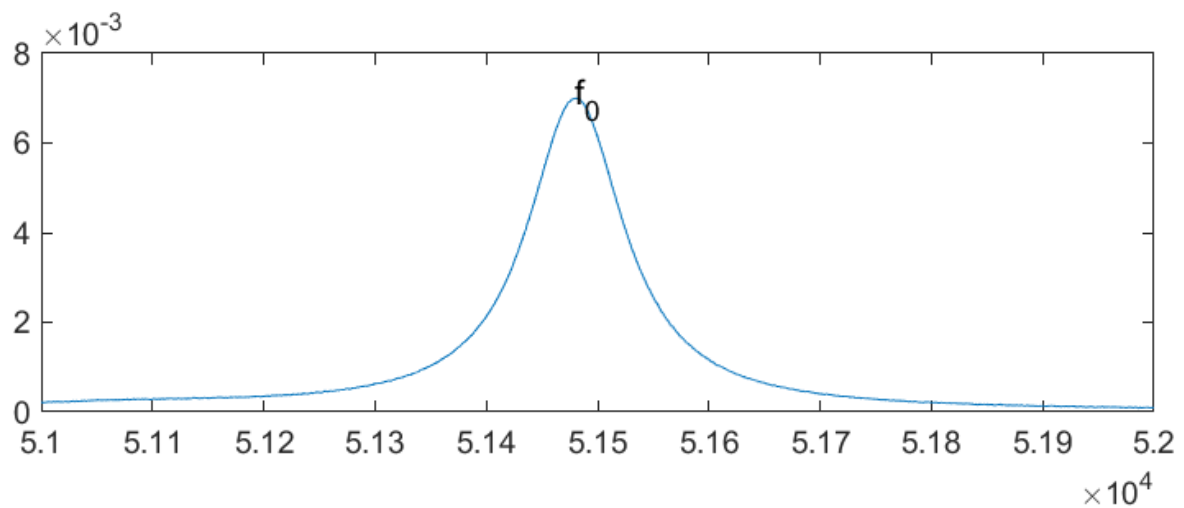


3.2 Wyznaczenie zależności

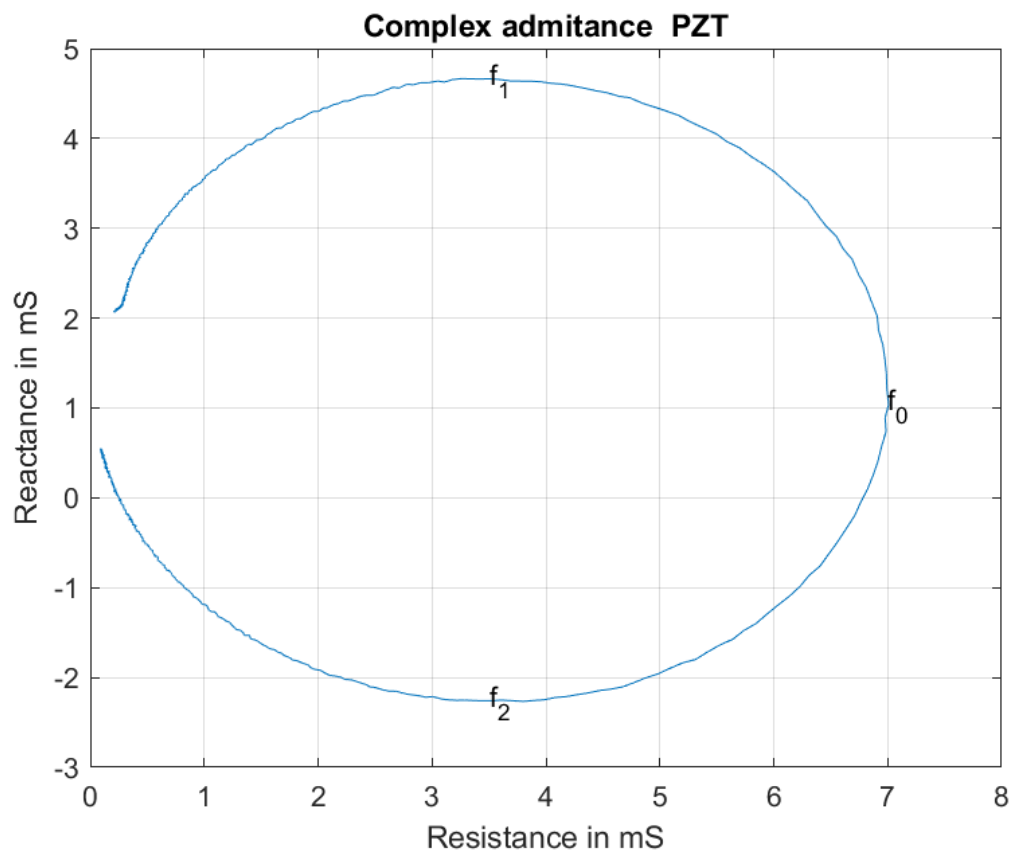
Układ, który poddajemy identyfikacji to model RLC, który odpowiada drganiom piezoelektryka. Układ RLC ma dodatkowo kondensator C_0 , który tłumí drgania.



Identyfikację rozpoczniemy od odczytania odpowiednich punktów na wykresach. Na wykresie amplitudowo-częstotliwościowym:



Na wykresie admitancji:



Punkt f_0 odpowiada częstotliwości rezonansowej, natomiast punkty f_1 oraz f_2 są odpowiednio maksimum oraz minimum części urojonej admitancji.

Wzór na częstotliwość rezonansową:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [1]$$

Natomiast wzór na R to:

$$R = \frac{1}{Y} \quad [2]$$

gdzie Y - średnica okręgu admitancji.

Po wyliczeniu R wyznaczamy L:

$$L = \frac{Q R}{2\pi f_0} \quad [3]$$

gdzie

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad [4]$$

Następnie wzór na C wyznaczamy z równania [1]:

$$C = \frac{(2\pi f_0)^2}{L} \quad [5]$$

Do wyliczenia C_0 wykorzystamy wzór na admitancję:

$$Y = j\omega C_0 + \omega C \frac{R\omega C - j(\omega^2 LC - 1)}{(R\omega C)^2 + (\omega^2 LC - 1)^2} \quad [6]$$

W celu wyznaczenia admitancji dla podanych parametrów RLC, należy wykorzystać równanie [6].

Do porównania układów wykorzystamy metodę najmniejszych kwadratów. Każda próbka nowego sygnału jest porównywalna z odpowiadającą jej próbką sygnału referencyjnego i wyliczana jest odległość między nimi. Do porównania naszych sygnałów wykorzystamy średnią tych odległości.

4 Optymalizacja identyfikacji

4.1 Metody optymalizacji

Do optymalizacji identyfikacji wykorzystaliśmy dwie metody:

- Interpolacja sygnału:

Dane są interpolowane za pomocą wbudowanej w Matlabie funkcji **interp1**, która została zaimplementowana w poniższy sposób

```
Y_int(:,1)=interp1(Freq,Fdat,Freq2,"linear");
```

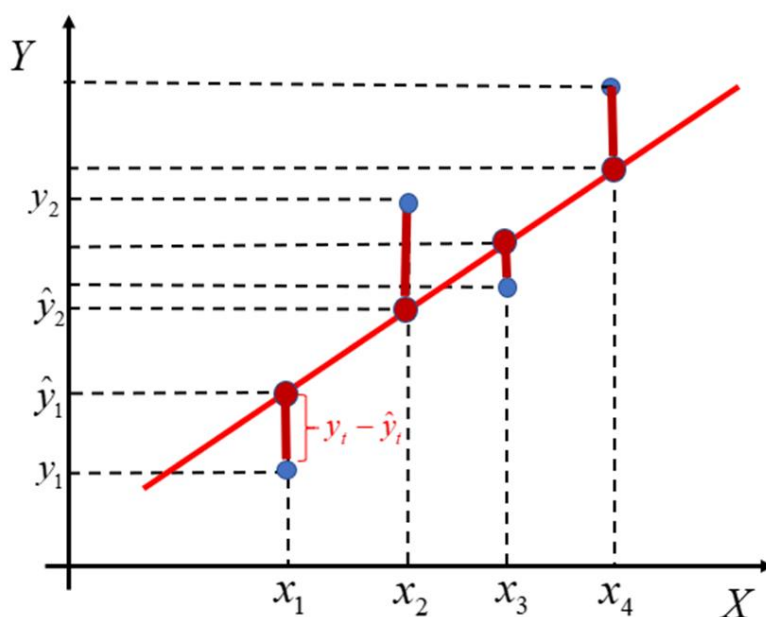
Argument **Freq** to wejściowy wektor częstotliwości, **Fdat** to wartości admitancji, które zostaną zinterpolowane, natomiast **Freq2** to wektor częstotliwości, do którego zostaną wyliczone

wartości funkcji interpolacji. Ostatni parametr to rodzaj interpolacji, w tym przypadku jest to interpolacja liniowa.

Dane mają określoną częstotliwość próbkowania. Częstotliwość rezonansowa w rzeczywistości może znajdować się pomiędzy próbkami. Interpolacja pozwala nam na dokładniejsze oszacowanie tego maksimum na wykresie amplitudowo-częstotliwościowym.

- Metoda najmniejszych kwadratów

W metodzie tej próbki sygnału wejściowego oraz po interpolacji są ze sobą porównywane zgodnie z rysunkiem poniżej.



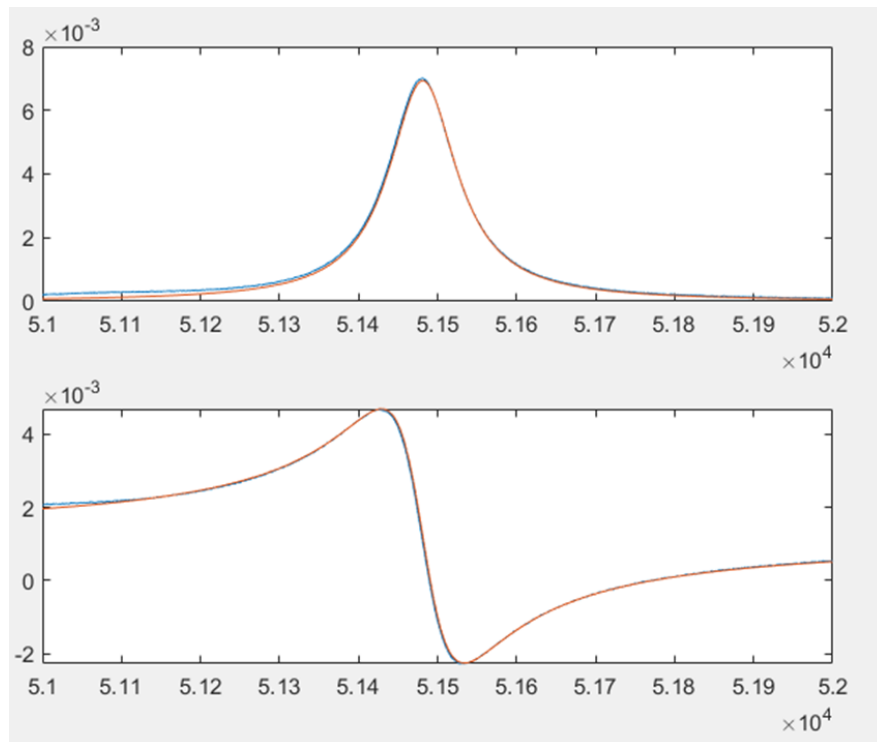
Odległość pomiędzy każdą próbką są podnoszone do kwadratów i sumowane ze sobą. Obliczamy wartość zgodnie ze wzorem:

$$S(a, b) = \sum [y_i - y(x_i)]^2 \quad [7]$$

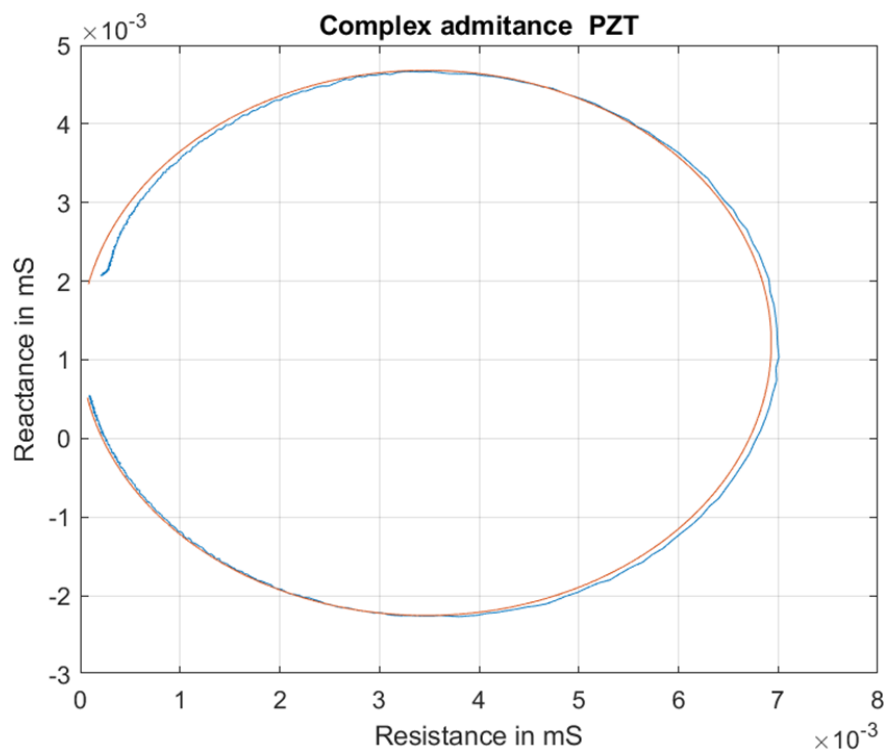
Im mniejsza jest ta wartość, tym dokładniej funkcje się pokrywają.

4.2 Porównanie wyników

Wykresy Bodego (Amplitudowo-częstotliwościowy oraz fazowo-częstotliwościowy)



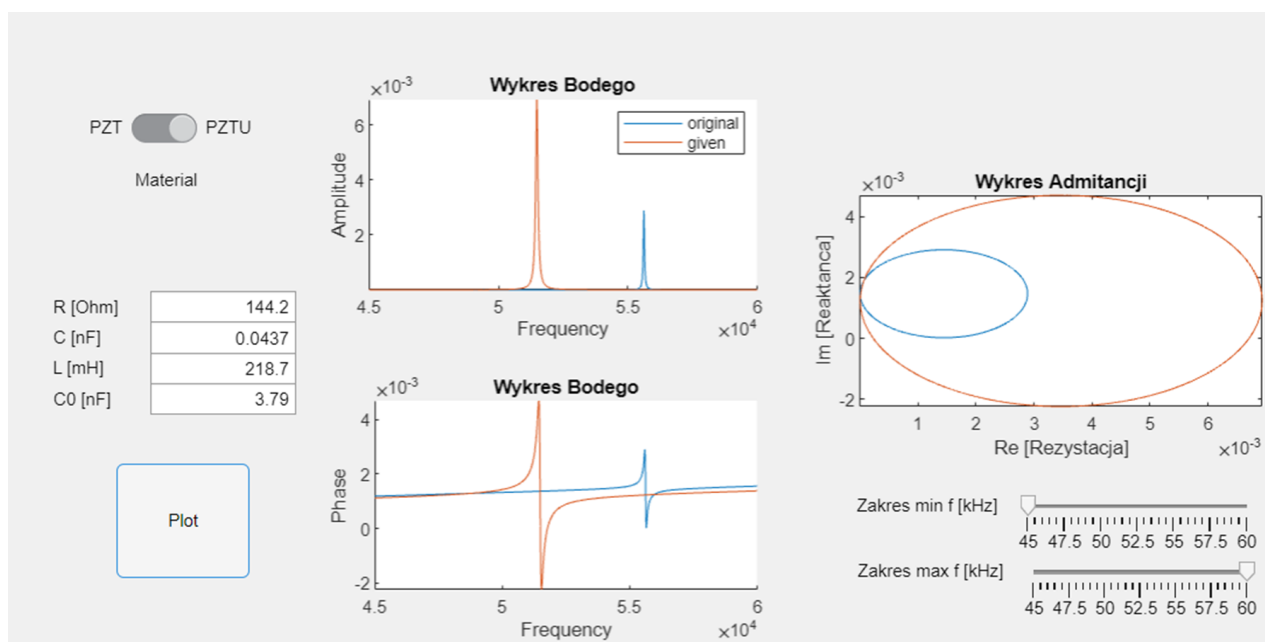
Wykres admitancji



Niebieska krzywa reprezentuje dane otrzymane z pomiarów w warunkach laboratoryjnych. Czerwona to odpowiedź naszego zastępczego wirtualnego układu z dobranymi wartościami R , L , C , C_0 , oraz z zastosowanymi metodami optymalizacji. Można zauważyć, że oba wykresy są do siebie podobne.

5 GUI

Poniżej przedstawiono GUI zaprojektowane w AppDesigner:



Zaprezentowane GUI posiada następujące funkcjonalności:

- Możliwość wyboru materiału piezoelektrycznego.
- Możliwość doboru dowolnych parametrów układu RLC.
- Wyrysowanie wykresów Bodego oraz admitancji.
- Możliwość obrania zakresu częstotliwości na wykresach.

6 Podsumowanie i wnioski

Projekt polegał na identyfikacji zadanego układu RLC oraz porównaniu jego odpowiedzi z modelem referencyjnym za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Projekt wykorzystał MATLAB R2022b oraz narzędzie AppDesigner do stworzenia interfejsu graficznego (GUI), umożliwiającego wprowadzanie parametrów układu RLC i generowanie odpowiedzi.

Projekt został podzielony na dwie części. Pierwsza część dotyczyła identyfikacji układu RLC. Wykorzystano zależności i wzory teoretyczne, które zostały omówione we wstępie

teoretycznym. W tej części przeprowadzono obliczenia i wyznaczono wartości elementów układu RLC.

Druga część projektu skupiała się na porównaniu odpowiedzi zadanego układu RLC z odpowiedzią układu podanego przez użytkownika. Na podstawie wcześniej znalezionej wartości pojemności kondensatora C_0 , wygenerowano odpowiedź układu RLC dla zadanych parametrów. Wykresy amplitudowo-częstotliwościowy, fazowo-częstotliwościowy oraz admitancji na płaszczyźnie zespolonej zostały przedstawione w GUI.

Następnie, oba układy zostały umieszczone na jednym wykresie i porównane za pomocą metody najmniejszych kwadratów. Ta analiza umożliwiła ocenę podobieństwa między modelem referencyjnym a układem podanym przez użytkownika.

Identyfikacja układu osiągnęła zadawalające wyniki. Otrzymane parametry pozwoliły w sposób relatywnie skuteczny osiągnąć podobieństwo między odpowiedzią układu rzeczywistego a naszym wirtualnym układem.