

Metody i Narzędzia Programowe w Akustyce część I – MES

Ireneusz Czajka

2018

Spis treści

1. Wstęp	1
2. Model zastępczy	2
2.1. Standaryzacja zmiennych wejściowych	2
2.2. Plan eksperymentu	3
2.3. Wyznaczenie modelu zastępczego	3
3. Weryfikacja modelu zastępczego	3
4. Funkcja celu i jej minimum	4
5. Weryfikacja poprawności rozwiązania	4
Literatura	4

Student nauczy się: wykorzystywać metodykę powierzchni odpowiedzi do optymalizacji układów akustycznych.

Efektem poprzedniego ćwiczenia jest m-plik, który pozwala automatycznie generować siatkę, uruchamiać obliczenia oraz wyliczać wielkości charakteryzujące układ akustyczny.

1. Wstęp

Optymalizacja polega na poszukiwaniu takiego zestawu parametrów wejściowych układu, dla której funkcja celu osiąga wartość minimalną. Zatem funkcja celu musi być zależna od istotnych parametrów wejściowych.

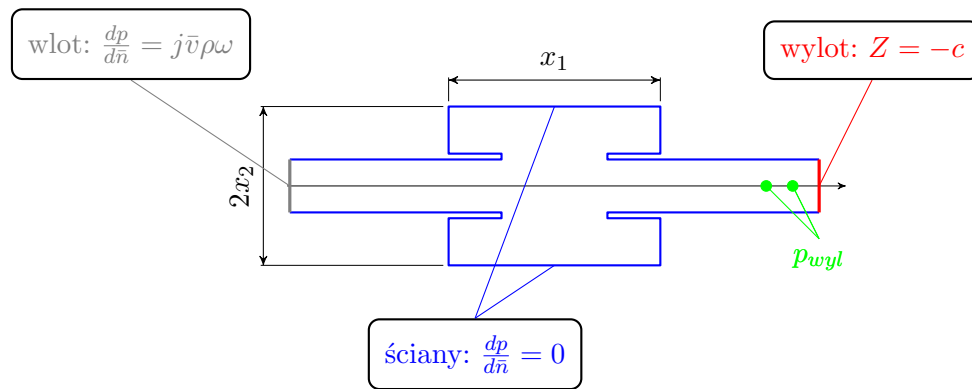
W związku z tym, pierwszym krokiem przy optymalizacji powinno być wyznaczenie tych parametrów analizowanego obiektu, które mają istotny wpływ na wartość funkcji celu. W aktualnym zadaniu należy przyjąć, że istotne zmienne wejściowe to x_1 oraz x_2 .

Funkcję celu należy tak sformułować, by pozwoliła na wyznaczenie takiej konfiguracji geometrycznej tłumika refleksyjnego (rys. 1), która uzyska wartość parametru IL powyżej 34 dB w paśmie 520-620 Hz przy najmniejszej objętości. Należy przyjąć następujące ograniczenia: $0,22 \leq x_1 \leq 1,0$ oraz $0,07 \leq x_2 \leq 0,35$

Realizacja ćwiczenia wymaga umiejętności analitycznych, wiedzy na temat skali logarytmicznej – między innymi o wyznaczaniu wartości poziomu ciśnienia akustycznego w paśmie na podstawie znajomości poziomów niezależnych składowych oraz umiejętności programowania.

Rozwiązanie zadania optymalizacji będzie przebiegać następująco:

- ★ wyznaczenie modelu zastępczego,
- ★ sprawdzenie jakości modelu zastępczego,
- ★ wyznaczenie wartości minimalnej funkcji celu,
- ★ sprawdzenie zachowania funkcji celu w pobliżu wyznaczonego minimum.

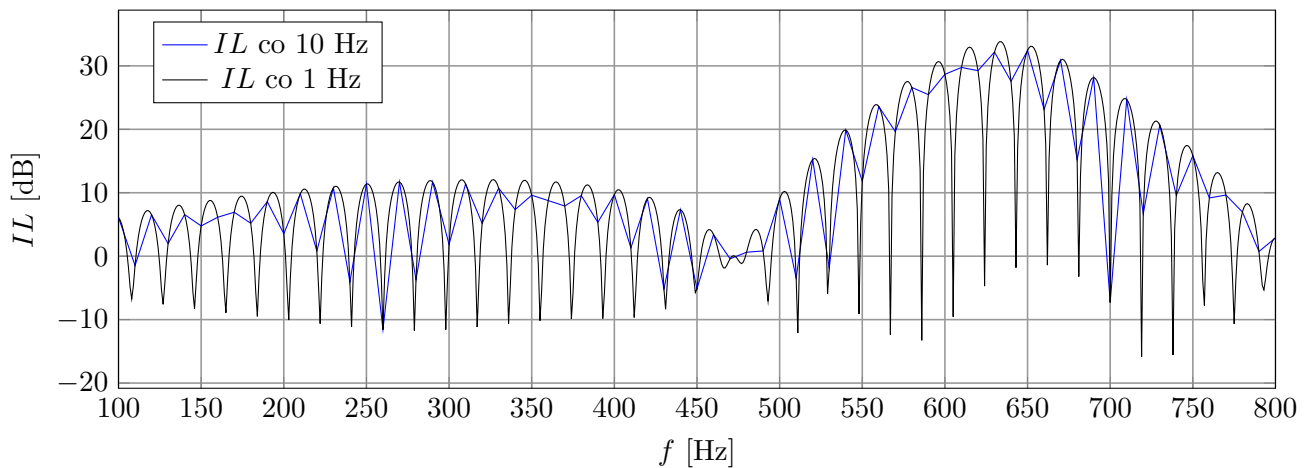


Rysunek 1. Schemat analizowanego tłumika refleksyjnego

Każdy z tych elementów zostanie krótko omówiony w dalszej części instrukcji. Realizacja bieżącego zadania wymaga opanowania wiedzy z poprzednich zajęć laboratoryjnych oraz zagadnień związanych z planowaniem eksperymentu, które zostały przedstawione na wykładzie.

2. Model zastępczy

Na samym początku rozważań na temat modelu zastępczego, należy wspomnieć, że modele dyskretne cierpią z powodu podstawowej swej słabości: są dyskretne. Oznacza to, że dane są, niejako, „wyrwane z kontekstu”. Nic nie wiadomo o najbliższym otoczeniu tych wartości. Zatem należy się liczyć z konsekwencjami wynikającymi z twierdzenia o próbkowaniu Kotielnikowa–Shanona. Tą ogólną uwagę ilustruje rysunek 2, na którym przedstawiono wyniki obliczeń parametru IL dla tłumika refleksyjnego z różnym krokiem.



Rysunek 2. Przykład ilustrujący problemy z dyskretną naturą wyników z modeli numerycznych

Jak widać obwidnia będzie się znacznie różnić w zależności od przyjętego kroku w dziedzinie częstotliwości. Co więcej, na pierwszy rzut oka, wykres uzyskany dla danych ze zbyt dużym krokiem nie jest łatwy do interpretacji.

Ta krótka ilustracja powinna być przestrożą przed zbyt pochopnym podejmowaniem decyzji projektowych na podstawie wyników obliczeń numerycznych.

2.1. Standaryzacja zmiennych wejściowych

Standaryzacja zmiennych wejściowych polega na takim przekształceniu zmiennych x_i , by nowe zmienne t_i przyjmowały wartości w zakresie $-1 \leq t_i \leq 1$.

Takiej standaryzacji można dokonać za pomocą zależności (1).

$$x_i^0 = \frac{x_i^{max} + x_i^{min}}{2}, \quad \Delta x_i = \frac{x_i^{max} - x_i^{min}}{2}, \quad t_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i} \quad (1)$$

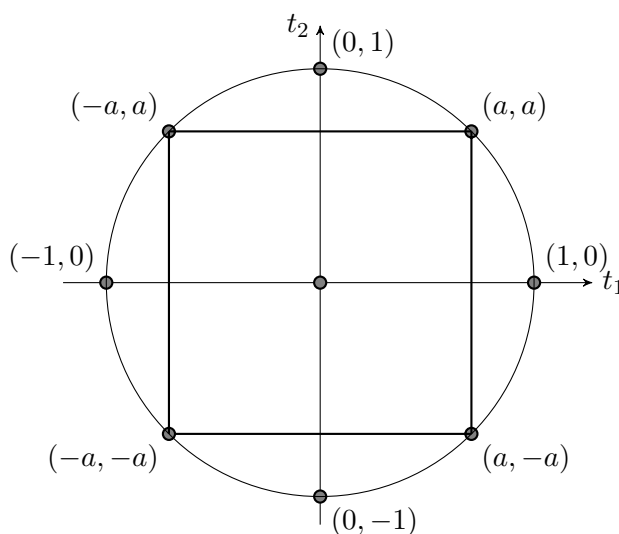
Ustandaryzowanie zmiennych wejściowych powoduje, że plan eksperymentu staje się bardziej uniwersalny zaś macierz eksperymentu uzyskuje korzystne cechy numeryczne.

2.2. Plan eksperymentu

Zazwyczaj podczas badania obiektu zaczyna się od planów dwupoziomowych, które pozwalają uzyskać informację na temat istotności zmiennych wejściowych czy wrażliwości wartości wyjścia obiektu na zmianę zmiennych wejściowych.

W analizowanym przypadku nie ma konieczności przeprowadzania eksperymentu czynnikowego na dwóch poziomach. Należy rozpocząć od eksperymentu wielopoziomowego.

Przy wyborze planu eksperymentu należy wziąć pod uwagę fakt, że ograniczenia na wielkość zmiennych wejściowych nie mogą być przekroczone. To ogranicza możliwe do zastosowania plany.



Rysunek 3. Ilustracja planu CCI

Pracę nad rozwiązaniem problemu można zacząć od planu CCI.

2.3. Wyznaczenie modelu zastępczego

Model zastępczy analizowanego tłumika refleksyjnego może mieć postać

$$y = a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_2 + a_{12} t_1 t_2 + a_{11} t_1^2 + a_{22} t_2^2 \quad (2)$$

lub

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 \quad (3)$$

Współczynniki modelu zastępczego w tej postaci wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów. Wartości poszczególnych współczynników przy zmiennych ustandaryzowanych wskazują na istotność poszczególnych członów, przy zmiennych naturalnych ta zależność może nie być tak oczywista. Należy pamiętać w jakim układzie został wyznaczony model by nie pomylić wartości współczynników dla zmiennych ustandaryzowanych i zmiennych naturalnych.

3. Weryfikacja modelu zastępczego

Każdy model zastępczy należy zweryfikować. Ten krok jest szczególnie istotny, gdy model zastępczy ma służyć do optymalizacji. Podstawowym sposobem weryfikacji adekwatności modelu zastępczego

dla jednej lub dwóch zmiennych wejściowych jest metoda wizualna. Należy wykreślić krzywą lub powierzchnię odpowiedzi i ocenić jej dopasowanie do punktów planu eksperymentu oraz dodatkowych punktów wybranych w przestrzeni odpowiedzi układu.

Obiektywne oceny adekwatności mogą polegać na wyznaczeniu sumy kwadratów odchyłek dla dodatkowych punktów wybranych w przestrzeni odpowiedzi układu.

Wybór dodatkowych punktów pozwala ocenić jakość dopasowania powierzchni w obszarach, w których nie były przeprowadzane doświadczenia.

4. Funkcja celu i jej minimum

Wybór funkcji celu dla prostych przypadków jest zadaniem trywialnym. Na przykład można wybrać funkcję celu w postaci

$$y_c = 100 - IL,$$

dzięki czemu będzie można wyznaczyć wartość maksymalną straty wtrącenia dla obiektu. Jednak próba uwzględnienia wymagania minimum objętości tłumika komplikuje zagadnienie i wymaga głębszego zastanowienia i analizy możliwych konsekwencji.

Zawsze należy sprawdzić uzyskane rozwiązanie pod kątem możliwości jego technicznej realizacji.

5. Weryfikacja poprawności rozwiązania

Aby zweryfikować poprawność rozwiązania zadania optymalizacji, można zrealizować eksperyment wokół wyznaczonego punktu optymalnego. Zatem należy jeszcze raz dokonać standaryzacji zmiennych wejściowych dla znacznie mniejszego obszaru wokół punktu optymalnego i zbudować nowy model zastępczy i ponownie wyznaczyć minimum funkcji celu.

Literatura

- [1] Czajka I., Gołaś A.: *Inżynierskie metody analizy numerycznej i planowanie eksperymentu*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2017
- [2] Gołaś A.: *Metody komputerowe w akustyce wnętrza i środowiska*, Wydawnictwa AGH, Kraków 1995
- [3] Mańczak K.: *Technika Planowania Eksperymentu*, Wyd. WNT, Warszawa 1976.
- [4] Montgomery D. C.: *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, 2006, ISBN 0470088109
- [5] Zieliński Ryszard: *Wybrane zagadnienia optymalizacji statystycznej*, PWN, Warszawa 1982
- [6] ElmerGrid Manual