

PTU – ĆWICZENIE3

KOMENTARZE

1. Przygotowanie do zajęć.

- a. Na zajęcia należy przygotować się ze skryptu Golanowki, Gudra „*Podstawy techniki ultradźwięków*”, rozdział 6, str.51 - 58.
- b. Proponuję zabrać własny laptop (jeden na grupę wystarczy), żeby na bieżąco zapisywać wyniki – oszczędzi to Państwu ich przepisywania oraz ułatwi obliczenia i edycję.

2. Układ pomiarowy.

- a. Waga elektroniczna
 - i. Najlepiej przeprowadzić kalibrację wagi przed przystąpieniem do pomiarów. W tym celu, przy wyłączonej reszcie sprzętu pomiarowego, nacisnąć przycisk `cal` na panelu wagi i poczekać na zakończenie procesu kalibracji. Zapewni to dokładny pomiar i zapobiegnie auto-kalibracji (i, co za tym idzie, resetu zera) wagi w trakcie wykonywania ćwiczenia.
- b. Częstościomierz
- c. Przystawka pomiarowa
 - i. Za pomocą tej przystawki odczytać należy moc elektryczną dostarczaną do głowicy. Zakres miernika (3W) determinują wybrane wartości zakresu napięcia (30V) i natężenia prądu (0,1A).
 - ii. Dokładność przystawki wynosi 5%.
- d. Generator mocy wysokich częstotliwości
 - i. Skala częstotliwości na pokrętle jest orientacyjna – do pomiarów używać prosię częstościomierza.
 - ii. Skala napięcia również jest orientacyjna – w miarę możliwości używać prosię oscyloskopu do pomiarów napięcia (RMS)
 - iii. Proszę **nie przekraczać napięcia 17V RMS** – doprowadzić to może do zniszczenia balastu.
- e. Głowica
 - i. Przetwornik ma średnicę **38mm**
- f. **Oscyloskop (opcjonalnie)**

3. Zadania laboratoryjne:

- a. Głównym zadaniem jest przeprowadzenie pomiarów mocy akustycznej i elektrycznej głowicy przy różnych częstotliwościach i napięciach
- b. Proszę zacząć od wyliczenia i udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:
 - i. Jak daleko od głowicy powinien być umieszczony reflektor? W polu bliskim czy dalekim? W jakiej części tego pola? Dlaczego? (proszę skonsultować się z wykresami dołączonymi do instrukcji). Do tej części należy wyliczyć zakres pola bliskiego.

$r = \frac{d^2}{4 \cdot \lambda} = \frac{d^2 \cdot c_{woda}}{4 \cdot f}$, gdzie d – średnica przetwornika (38mm), λ – długość fali, f – częstotliwość fali (przyjmijmy 340kHz), c_{woda} – prędkość fali ultradźwiękowej w wodzie.

We wzorze tym występuje prędkość fali ultradźwiękowej, którą należy wyliczyć na podstawie wzoru Marczaka, a do tego celu należy zmierzyć temperaturę wody.

$c_{woda} = \sum_{i=0}^5 k_i t^i$, gdzie t oznacza temperaturę w zakresie 0 – 100 °C, a k_i to współczynniki wyszczególnione w tabeli poniżej.

i	k_i [m/s]
0	1402.385
1	5.038813
2	$-5.799136 \cdot 10^{-2}$
3	$3.287156 \cdot 10^{-4}$
4	$-1.398845 \cdot 10^{-6}$
5	$2.787860 \cdot 10^{-9}$

- ii. Jak wyraża się zależność mocy akustycznej od wskazań wagi? Jaką wartość mają współczynniki tego wzoru? Do tego celu należy wyliczyć kąt padania fali ultradźwiękowej α na reflektor wiedząc, iż kąt rozwarcia reflektora to 130°. Następnie przekształcić wzór na siłę ciśnienia promieniowania (skrypt). Trzeba pamiętać, że siła ta to iloczyn masy (wskazanie wagi) i przyspieszenia ziemskiego (g). Z tego wzoru należy wyprowadzić wzór na moc akustyczną i przekształcić do postaci $P_{ak} = k \cdot m$; gdzie k – jest stałym współczynnikiem wyrażonym w jednostce $\left[\frac{mW}{mg}\right]$.

c. Skonsultować wyniki z prowadzącym.

d. Pomiary pierwszej części proszę umieścić w tabeli w następującej postaci

nr.	f	U	m	Pe (elektryczna)	Pa (akustyczna)
[-]	[kHz]	[V]	[mg]	[mW]	[mW]

- e. Następnie proszę zmierzyć charakterystykę mocy akustycznej i elektrycznej głowicy w zakresie **300-380 kHz** przy napięciu **15V RMS**. Pomiary proszę wykonywać w odstępach częstotliwości dających zmianę mocy elektrycznej o **około 50mW** Czas reakcji wagi na zmianę częstotliwości wynosi 6-10 sekund, proszę więc dokonywać małych zmian częstotliwości i obserwować spokojnie ich efekt.

- i. Możliwe, że pomiary wskażą, że rezonans akustyczny i elektryczny występują na różnych częstotliwościach. W takim razie proszę przyjąć, że poprawne jest wskazanie dla mocy akustycznej (waga) i skorygować

w sprawozdaniu moc elektryczną. Korekcję wykonujemy tak aby rezonanse dla mocy elektryczne znalazły się w tym samym miejscu (w tej samej częstotliwości) co rezonanse dla mocy akustycznej.

- ii. Uzyskane dane posłużą do obliczenia sprawności głowicy, jak również szerokości jej pasma, dobroci, i natężenia wysyłanej przez nią fali akustycznej.
 - iii. Wyznaczamy częstotliwości rezonansowe dla mocy akustycznej w celu wykorzystania ich w drugiej części pomiarów.
- f. Pomiary z drugiej części proszę umieścić w tabeli w następującej postaci:

	REZONANS 1			REZONANS 2			REZONANS 3		
U	Pe moc elekt	masa	Pa	Pe moc elekt	masa	Pa	Pe moc elekt	masa	Pa
[V]	[mW]	[mg]	[mW]	[mW]	[mg]	[mW]	[mW]	[mg]	[mW]

- g. Następnie zbadać zależność mocy akustycznej i elektrycznej od napięcia (zmienianego **od 16V do 1V**) przy wszystkich trzech częstotliwościach rezonansowych.
- i. Uzyskane dane posłużą do wykreślenia dwóch charakterystyk. Pierwsza z nich to zależność mocy akustycznej od mocy elektrycznej. Druga to zależność mocy akustycznej od napięcia.

4. Sprawozdanie

- a. Na początku proszę o umieszczenie schematu układu pomiarowego, a następnie opisu wniosków i wyliczeń dotyczących granicy pola bliskiego, ustawienia reflektora w stosunku do przetwornika ultradźwiękowego i zależności pozwalającej na wyliczenie mocy akustycznej.
- b. Z pierwszej części pomiarów należy:
 - i. Wykreślić na jednym wykresie moc akustyczną i elektryczną przed korekcją.
 - ii. Opisać sposób korekcji mocy elektrycznej. Należy pamiętać, że rezonanse dla mocy akustycznej i dla mocy elektrycznej powinny występować na tych samych częstotliwościach.
 - iii. Wykreślić moc akustyczną i elektryczną po korekcji.
 - iv. Wyznaczyć dla każdego z trzech rezonansów: sprawność, szerokość pasma, dobroć, natężenie fali ultradźwiękowej. Należy dokładnie opisać sposób wyznaczenia szerokości pasma pamiętając, że moc przeliczamy na skalę logarymiczną za pomocą zależności $10\log()$, a napięcie $-20\log()$.
 - v. Wyliczyć błąd pomiarowy za pomocą metody różniczki zupełnej. Do tego celu potrzebne są niepewności mierzonych wielkości. Są to, odpowiednio, dla pomiarów:
 1. Częstotliwości: $\Delta f = 1\text{Hz}$,
 2. Napięcia: $\Delta U = (\text{klasa urz\adzenia}(1,5) * \text{zakres pomiar.}(20V))/100\%$,
 3. Mocy elektrycznej: $\Delta P_e = (\text{klasa urz\adzenia}(5) * \text{zakres pomiar.}(3W))/100\%$,
 4. Masy: $\Delta m = 0,1\text{mg}$.

- vi. Wykreślić sprawność i natężenie fali emitowanej przez przetwornik w funkcji częstotliwości (wraz z błędami względnymi i bezwzględnymi)
- c. Z drugiej części pomiarów należy obliczyć i wykreślić:
 - i. zależność mocy akustycznej od mocy elektrycznej,
 - ii. zależność mocy akustycznej od napięcia.
- d. We wnioskach należy:
 - i. Po wyliczeniu natężenia fali emitowanej przez przetwornik sprawdzić w literaturze dopuszczalne wartości natężenia przetworników do zastosowania w medycynie. Dla którego rezonansu badanego przetwornika kryteria te są spełnione? Dla którego nie?
 - ii. Odpowiedzieć na pytanie: biorąc pod uwagę długość impulsu, szerokość pasma, dobroć i sprawność ustalić, na którym rezonansie powinien działać przetwornik (zakładając, iż chcemy go wykorzystać do obrazowania)?
 - iii. Wartości wyliczonego błędu pomiarowego porównać z błędem pomiaru hydrofonom (najbardziej popularną metodą pomiaru ciśnienia akustycznego, której błąd wynosi około 10% - 15%).
 - iv. Zinterpretować kształt charakterystyk z drugiej części pomiarowej (zwłaszcza liniowość charakterystyki przetwornika).