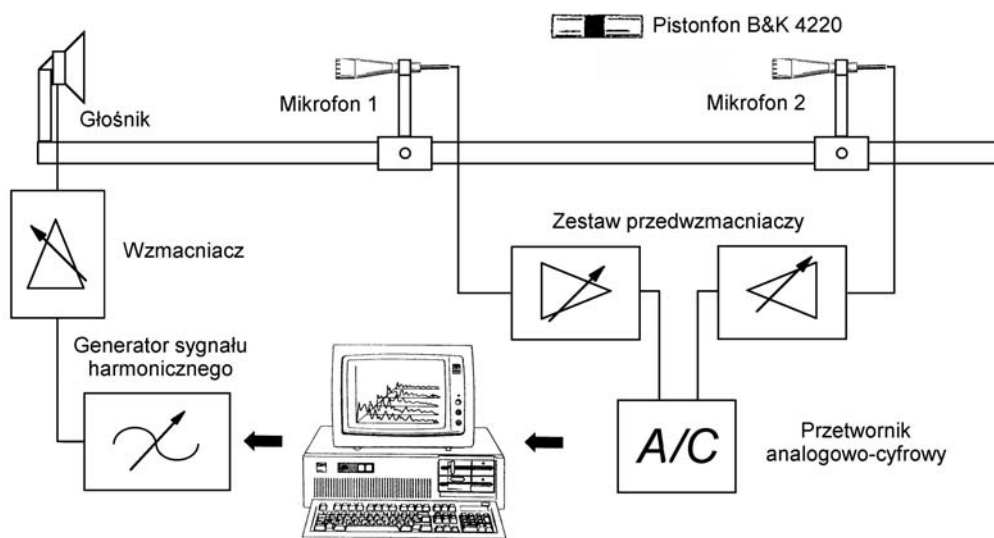


## 6. Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów

Schemat stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rysunku II.6.1. Dwa mikrofony usytuowane w różnej odległości wzdłuż osi źródła dźwięku współpracujące z przetwornikiem analogowo-cyfrowym pozwalają wykonywać rozmaite badania akustyczne. Jednoczesna rejestracja zmian ciśnienia akustycznego umożliwia między innymi określenie prędkości rozchodzenia się fali akustycznej w powietrzu. Rozwiązanie takiego zadania stanowi sposobność dla praktycznego zrozumienia elementów cyfrowego przetwarzania sygnałów.

Sygnał akustyczny wytwarza głośnik zasilany wzmacniaczem sterowanym przez generator przebiegów harmonicznycy. Dwa identyczne tory pomiarowe złożone są z mikrofonów pojemnościowych, przedwzmacniaczy, układów dopasowujących oraz karty przetwornika analogowo -cyfrowego w komputerze osobistym.

Głośnik i mikrofony mają wspólną oś symetrii; szyna stalowa pozwala regulować ich wzajemną odległość. Położenie mikrofonów względem źródła dźwięku (głośnika) jest parametrem indywidualizującym każde zadanie. Dla zminimalizowania zakłóceń stanowisko umieszczono w komorze dźwiękoizolacyjnej (semibezechowej).



Rys. II.6.1 Schemat stanowiska.

Kolejne etapy realizacji ćwiczenia to:

- ➔ Sprawdzenie wzorcowania torów pomiarowych;
- ➔ Ustawienie mikrofonów pomiarowych w zadanych położeniach;
- ➔ Dostosowanie czułości przetwornika analogowo-cyfrowego do zakresu wzmacniaczy pomiarowych;
- ➔ Ustawienie takiej częstotliwości generatora, żeby opóźnienie między mikrofonami było równe jednemu okresowi fali (lub jego wielokrotności) - wykonuje prowadzący ćwiczenie;

- ➔ Zmierzenie poziomów sygnału w punktach pomiarowych i odczyt parametrów sygnału w dziedzinie czasu;
- ➔ Obliczenie prędkości propagacji dźwięku w powietrzu dla wszystkich położań mikrofonów i obliczenie średniej wartości prędkości;
- ➔ Obliczenie różnic poziomów sygnału między mikrofonami na podstawie wyników pomiarów oraz obliczenie odpowiadających im spadków dla pola swobodnego;
- ➔ Oszacowanie błędów;
- ➔ Sformułowanie wniosków.

Częstotliwość próbkowania powinna być większa od założonej liczby próbek przypadających na jeden okres sygnału akustycznego, który zależy od odległości między mikrofonami i prędkości rozchodzenia się dźwięku. Częstotliwość sygnału generatora, będącą ilorazem prędkości dźwięku podzielonej przez odległość między mikrofonami jest dobierana tak by opóźnienie fali akustycznej rejestrowanej przez tylny mikrofon było wielokrotnością okresu fali.

Wzorcowanie polega na określeniu czułości napięciowej każdego toru pomiarowego. Realizowane jest przez porównanie amplitudy napięcia na wejściu przetwornika analogowo - cyfrowego z amplitudą ciśnienia akustycznego źródła sygnału wzorcowego.

Zmiana zakresu pomiarowego wzmacniaczy dopasowujących pociąga zmianę czułości napięciowej toru pomiarowego. Wzrost wzmocnienia powoduje proporcjonalny wzrost czułości. Przykładowo, zmiana zakresu ze 130 dB na 110 dB sprawia, że czułość rośnie dziesięciokrotnie.

Obserwacja odwzorowania przebiegów czasowych rejestrowanych przez oba mikrofony na ekranie monitora graficznego umożliwia śledzenie zmian przesunięć fazowych w funkcji częstotliwości sygnału akustycznego. Nietrudno wygenerować dźwięk o częstotliwości, przy której różnica fazy między mikrofonami wyniesie  $360^\circ$ , czyli pełen okres.

Odczyt poziomów ciśnienia akustycznego i parametrów sygnału w dziedzinie czasu kończą cykl pomiarów. Nowy cykl rozpoczyna się zmianą położenia mikrofonów.

Bazując na częstotliwości sygnału, którego długość fali jest równa odległości między mikrofonami, można obliczyć prędkość propagacji dźwięku. Z kolei obliczenie spadku poziomu sygnału na takim dystansie według zależności obowiązujących w polu swobodnym i porównanie z wynikami pomiarowymi pozwoli wnioskować o własnościach pola akustycznego w komorze badawczej.

Obliczenie średniej prędkości propagacji dźwięku jest możliwe po skompletowaniu rezultatów wszystkich wykonanych pomiarów.

Rachunek błędu winien uwzględnić elementy statystyczne, błędy próbkowania i kwantyzacji.

Ostatni punkt ćwiczenia to analiza uzyskanych rezultatów badawczych z uwzględnieniem wpływu metody pomiarowej na dokładność ich określenia, oraz porównanie wyników z

wartością obliczoną na podstawie zależności przybliżonej. Sformułować należy wnioski dotyczące ewentualnych rozbieżności oraz własności pola akustycznego. Właściwym jest też odniesienie się do rezultatów uzyskanych przez pozostałych studentów.

Sprawozdanie dokumentuje wykonanie ćwiczenia i sporządzane jest w całości podczas zajęć. Oceniany jest sposób prowadzenia pomiarów, formułowanie wniosków i zrozumienie zagadnień związanych z prowadzonymi badaniami. Stopień opanowania materiału znajduje wyraz w biegłości wykonywania zadań. Najważniejszym elementem oceny są uzyskane rezultaty badań, biegłe wykonywanie pomiarów oraz sformułowane wnioski dotyczące tematu ćwiczenia.

Ćwiczenie wymaga dobrej znajomości zagadnień przedstawionych w pierwszej części podręcznika, a zwłaszcza w rozdziale 4.

### *Elementy opisu pola akustycznego*

W powietrzu, tak jak we wszystkich gazach, rozchodzi się tylko fala podłużna czyli taka, że cząsteczki ośrodka drgają w kierunku rozchodzenia się fali. Zatem prędkość rozchodzenia się fali akustycznej zależy w dużym stopniu od ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza, w niewielkim zaś od częstotliwości. Najistotniejszy jest wpływ temperatury, uwzględniony w przybliżonej zależności definiującej prędkość propagacji dźwięku w powietrzu:

$$c = 331.5 \cdot \sqrt{1 + \frac{t_p}{273}}$$

gdzie:

$c$  - prędkość rozchodzenia się fali akustycznej w [m/s],

$t_p$  - temperatura powietrza w [°C].

Czas  $t_{\Delta l}$  po jakim fala dźwiękowa przebędzie dystans  $\Delta l$  wynosi odpowiednio:

$$t_{\Delta l} = \frac{\Delta l}{c}$$

W polu swobodnym ciśnienie akustyczne jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości od źródła dźwięku. Oznacza to, że zmiana odległości z punktu oddalonego od źródła o  $l_1$  do punktu oddalonego o  $l_2$  spowoduje spadek ciśnienia akustycznego określony wzorem:

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \frac{l_1}{l_2}$$

gdzie:

$\Delta L$  - spadek poziomu dźwięku w [dB],

$l_1$  - odległość pierwszego mikrofonu od źródła [m],

$l_2$  - odległość drugiego mikrofonu od źródła [m].

Przykładowo dla dwukrotnego wzrostu odległości ( $l_2 = 2l_1$ ):

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \frac{1}{2} \approx -6 \text{ dB},$$

znak „-” symbolizuje ujemny przyrost, czyli spadek.

Gdy znamy

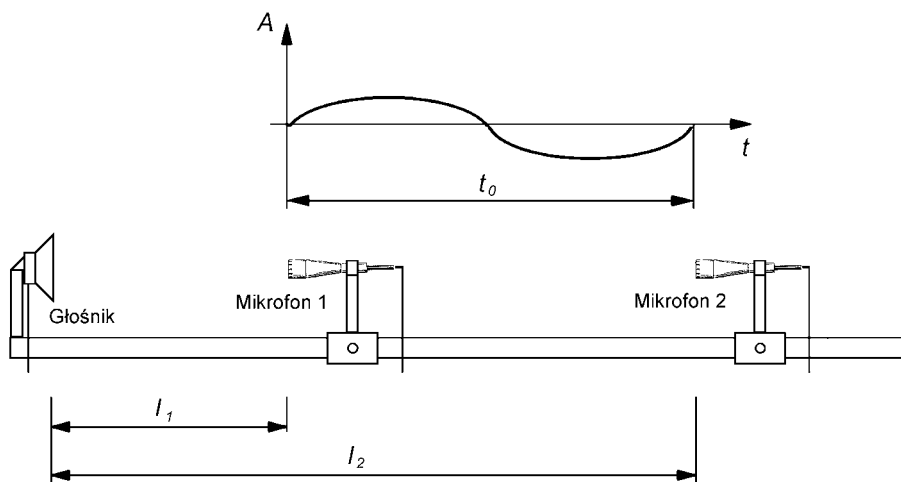
$L_1$  - poziom ciśnienia akustycznego zmierzony pierwszym mikrofonem [dB],

$L_2$  - poziom ciśnienia akustycznego zmierzony drugim mikrofonem [dB],

to spadek poziomu  $\Delta L_r$  między mikrofonami wynosi:

$$\Delta L_r = L_1 - L_2$$

Metoda użyta w ćwiczeniu do określenia prędkości propagacji dźwięku polega na dobraniu częstotliwości sygnału harmonicznego tak, by opóźnienie na odcinku między mikrofonami było dokładnie równe jednemu okresowi. Długość fali  $\lambda$  będzie wtedy równa  $\Delta l$ .



Rys. II.6.2 Ilustracja sposobu pomiaru prędkości propagacji dźwięku.

Prędkość rozchodzenia się fali akustycznej jest ilorazem odległości punktów pomiarowych  $l_1$  i  $l_2$  przez okres sygnału. Zgodnie z oznaczeniami na rysunku:

$$c = \frac{l_2 - l_1}{t_0} = \lambda \cdot f$$

gdzie:

$c$  - prędkość propagacji dźwięku [m/s],

$l_1, l_2$  - odległości mikrofonów pomiarowych od źródła dźwięku [m],

$t_0$  - okres sygnału dźwiękowego [s],

$\lambda$  - długość fali sygnału dźwiękowego [m],

$f$  - częstotliwość sygnału dźwiękowego [Hz].