



ĆWICZENIE NR 9

POMIARY AUDIOMETRYCZNE

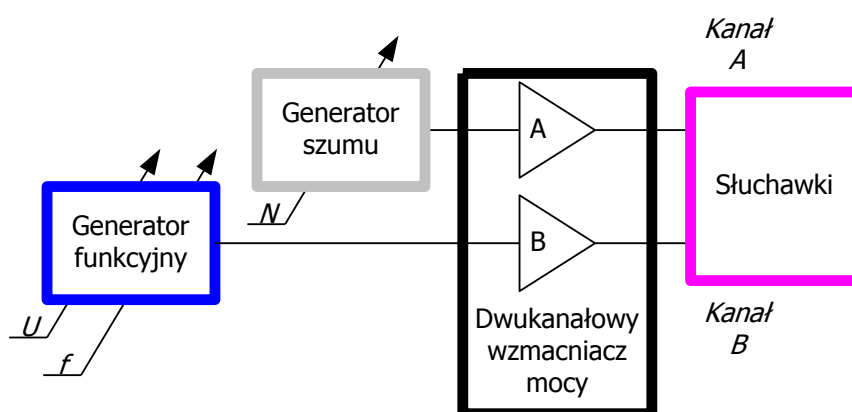
Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z metodą pomiarów audiometrycznych oraz z wymaganiami konstrukcyjnymi stawianymi poszczególnym blokom w zależności od stopnia automatyzacji pomiarów.

Część 9.1.

Pomiary audiometryczne – możliwości i ograniczenia

- 9.1.1. Zbadać lewe i prawe ucho u dwóch osób. Do badań wykorzystać audiometr *TBN 85 Madsen Electronics*. Scharakteryzować techniczne warunki pomiaru. Porównać wyniki badań oraz określić ich wiarygodność.
- 9.1.2. Przeprowadzić badania jednego ucha za pomocą audiometru laboratoryjnego przy częstotliwości 1 kHz:
 - a. dla ustalonego poziomu maskowania określić słyszalność podczas narastania dźwięku (wzrost głośności) oraz podczas jego zanikania,
 - b. na poziomie słyszalności określić rozróżnialność natężenia dźwięku (poziomu głośności dźwięku) przy różnym poziomie maskowania drugiego ucha,
 - c. na poziomie słyszalności zidentyfikować rozróżnialność wysokości dźwięku przy różnym poziomie maskowania drugiego ucha.Podczas realizacji badań posłużyć się schematem przedstawionym na rys. 9.1.
- 9.1.3. Badania z punktu 2 powtórzyć dla ucha przeciwnego.



Rys. 9.1. Schemat blokowy audiometru. Oznaczenia: U – regulacja natężenia dźwięku, f – regulacja wysokości dźwięku, N – regulacja natężenia szumu (sygnału maskującego)

Cześć 9.2.

Określenie wymagań dla generatora audiometrycznego

- 9.2.1. Na podstawie oględzin przedstawić schemat blokowy laboratoryjnego systemu do badań audiometrycznych. Przeanalizować parametry użytych przyrządów. Wskazać te z nich, które są niezbędne do realizacji audiometru. Wybór uzasadnić.
- 9.2.2. Wykonać badanie audiometryczne jednego ucha u jednej osoby. Zwrócić uwagę na warunki badania:
 - a. badanie przeprowadzić przy różnym natężeniu szumu (sygnału maskującego),
 - b. badanie przeprowadzić przy stałym natężeniu szumu – dwukrotnie: przy narastającej głośności i przy zmniejszającej się. Porównać wyniki.
- 9.2.3. Określić czułość ucha na:
 - a. zmiany natężenia dźwięku,
 - b. odstrojenie częstotliwości dźwięku.Zwrócić uwagę na warunki badania (sygnał maskujący). Odpowiednio opracować wyniki.
- 9.2.4. U dwóch osób zbadać rozróżnialność dźwięków generowanych przez 2 generatory znajdujące się na stanowisku pomiarowym. Badanie przeprowadzić dla sygnału sinusoidalnego, prostokątnego i trójkątnego o częstotliwości $f = 1$ kHz.
- 9.2.5. Zbadać widmo sygnału wytwarzanego przez generator RC typ PO-20 oraz generator G432. Zaobserwować sygnał zniekształceń. Dla każdego sygnału określić współczynnik zniekształceń.
- 9.2.6. Na podstawie nabytych doświadczeń określić wymagania dla generatora audiometrycznego ($U \pm \Delta U$, $f \pm \Delta f$).

Aparatura

- audiometr Madsen TBN 85,
- analizator widma SR760,
- częstotściomierz cyfrowy PFL 23,
- dwukanałowy wzmacniacz mocy,
- dzielnik napięcia DNA-18,
- generatory RC Typ PO-20,
- generator G432,
- generator szumów NRG 201 typ 03002,
- miernik zniekształceń PMZ-9,
- multimetr A 1613,
- oscyloskop,
- słuchawki audiometryczne Philips SBC HP 2500,
- zasilacz typ ZT-980-2.

Zagadnienia do rozważenia

1. Budowa audiometru o różnym stopniu automatyzacji – schemat blokowy.
2. Charakterystyka generatora audiometrycznego.
3. Metody sprawdzenia właściwości metrologicznych audiometru.
4. Miary progów słyszalności.
5. Parametry metrologiczne audiometru.
6. Rola generatora szumów w audiometrii.

7. Warunki przeprowadzania pomiarów audiometrycznych.
8. Wpływ zakłóceń zewnętrznych na wynik badania audiometrycznego.
9. Zadania dla procesora pracującego w audiometrze.
10. Źródła niedokładności w pomiarach audiometrycznych

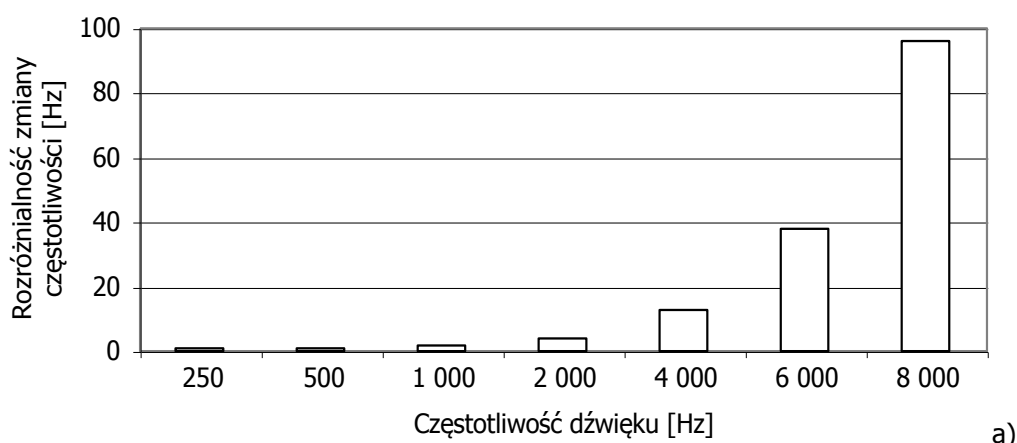
Literatura

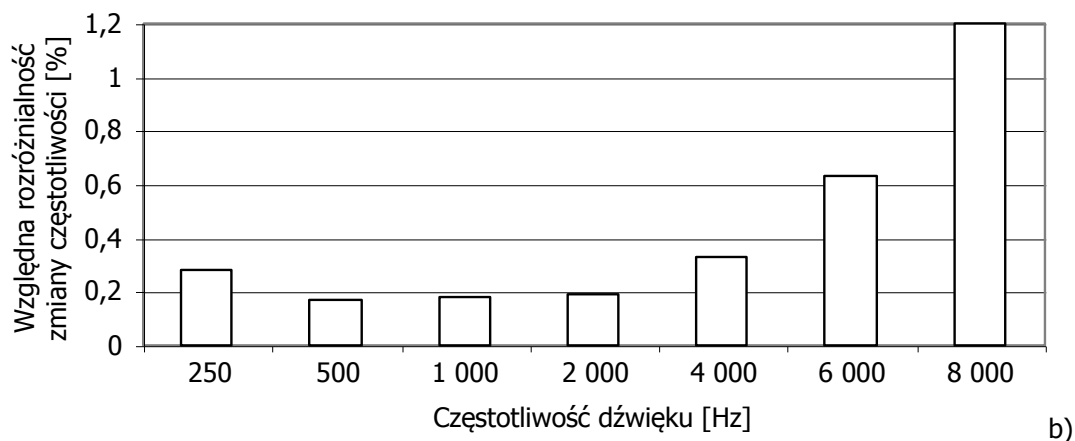
- [1]. Bystrzanowska T., Audiologia kliniczna. PZWL Warszawa 1979.
- [2]. Stopczyk M., Elektrodiagnostyka medyczna. PZWL Warszawa 1984.
- [3]. Taniewski M., Badanie słuchu i zmysłu równowagi. Wydaw. Uczelniane AWF, Gdańsk 1993.

Audiometria

Audiometria to dział medycyny zajmujący się pomiarami słuchu. Obecną audiometrię możemy podzielić na *subiektywną* i *obiektywną* ze względu na rodzaj udziału w pomiarze osoby badanej. W *audiometrii obiektywnej* korzysta się z odruchów warunkowych lub bezwarunkowych zachodzących u człowieka pod wpływem oddziaływania dźwięku. Nie zachodzi tu potrzeba współdziałania pacjenta podczas pomiaru. W *audiometrii subiektywnej* konieczna jest chęć i możliwość współpracy pacjenta z osobą badającą oraz zrozumienie rodzaju współpracy. Do *audiometrii subiektywnej* zaliczamy m.in. badanie mową oraz stroikami. Badanie mową jest najprostszym, a jednocześnie wszechstronnym fizjologicznym sposobem badania narządu słuchu.

Wrażenia słuchowe, podobnie jak inne wrażenia zmysłowe podlegają w przybliżeniu prawu psychofizycznemu Webera i Fechnera, które mówi, że geometrycznemu wzrostowi pobudzenia odpowiada arytmetyczny wzrost wrażenia. W związku z tym w audiometrii wprowadzono jednostki logarymiczne: *oktawa* w odniesieniu do częstotliwości tonu w serii 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz oraz *decybel* proporcjonalny do logarytmu natężenia tonu. Jako 0 dB odpowiadające $2 \cdot 10^{-5}$ Pa przyjęto najslabsze natężenie tonu 1000 Hz słyszane przez młode, prawidłowo słyszące osoby. Wrażenia subiektywne (por. rys. 9.2) odpowiadające częstotliwości i natężeniu dźwięku nazwane zostały *wysokością* i *głośnością*.

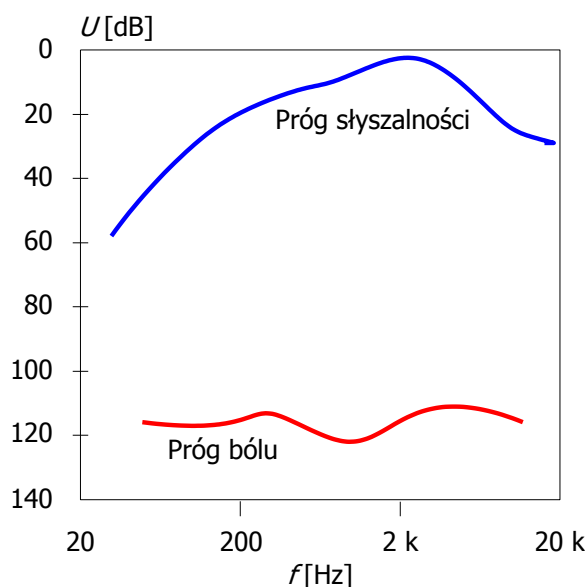




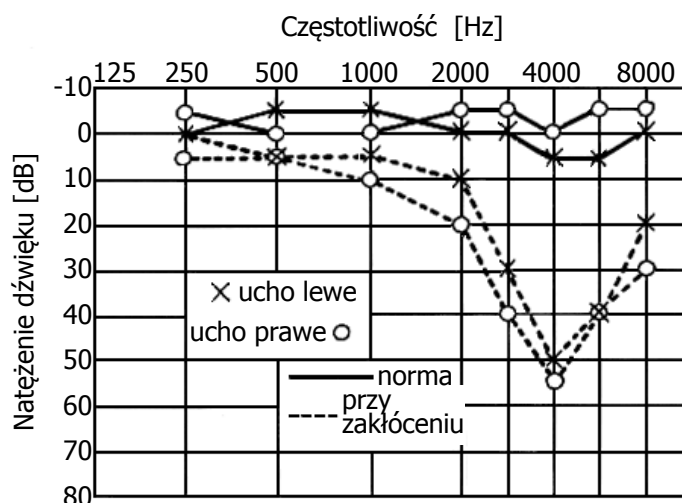
Rys. 9.2. Bezwzględne (a) i względne (b) zmiany minimalnego progu rozróżnianej częstotliwości przez normalnie słyszającego człowieka

W warunkach prawidłowych słuchowe pole człowieka zawiera się w przedziale od 16 Hz do 20 kHz. Progi słyszalne poszczególnych tonów zmieniają się w zależności od częstotliwości. Ucho ludzkie jest najbardziej wrażliwe na częstotliwości odpowiadające częstotliwości mowy, czyli 300 ÷ 4000 Hz. Podając badanemu ton o częstotliwości z zakresu słyszalnego i zwiększając stopniowo jego natężenie od minimalnego można określić tzw. *próg słyszenia*. Dalszy wzrost natężenia powoduje uczucie bólu oraz zanik wrażenia słuchowego.

Między *progiem słyszenia*, a *progiem bólu* mieści się *pole słuchowe* (por. rys. 9.3.a). Wyniki pomiarów ubytków słuchu przedstawia się najczęściej graficznie w postaci *audiogramu*. *Audiogram* przedstawia linię łamaną, łączącą punkty odpowiadające wartościom progowym natężenia dźwięku przy kolejnych badanych częstotliwościach (por. rys. 9.3.b). Rozróżniamy audiogramy realizowane w układach względnym i bezwzględnym. Na wykresie w układzie bezwzględnym otrzymana łamana przedstawia wartości progów słyszalności dla poszczególnych częstotliwości w odniesieniu do 0 dB. Na wykresie w układzie względnym odniesieniem jest krzywa progowa dla młodych prawidłowo słyszących osób przedstawiona w postaci prostej na poziomie 0 dB.



a)



b)

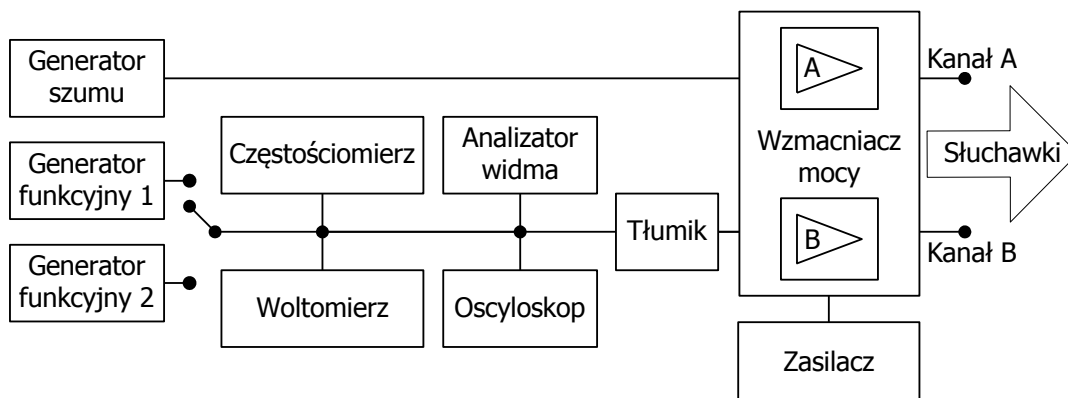
Rys. 9.3. Prezentacja słyszenia: a) zależność progu bólu i słyszalności od częstotliwości; U – natężenie dźwięku, f – częstotliwość dźwięku, b) przykładowy audiogram (wg. <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Graphics/Audiogram.gif>)

Badanie rozpoczyna się od sygnału o częstotliwości 1000 Hz, następnie oznacza się progi słuchowe dla 2000, 4000, 8000 Hz, oraz 500, 250 i 125 Hz. Badanie zaczyna się od ucha lepiej słyszącego. Skuteczne wyłączenie ucha niebadanego czyli maskowanie polega na zagłuszaniu tzw. *szumem białym*, czyli mieszaniną wszystkich częstotliwości spektrum akustycznego o tym samym natężeniu.

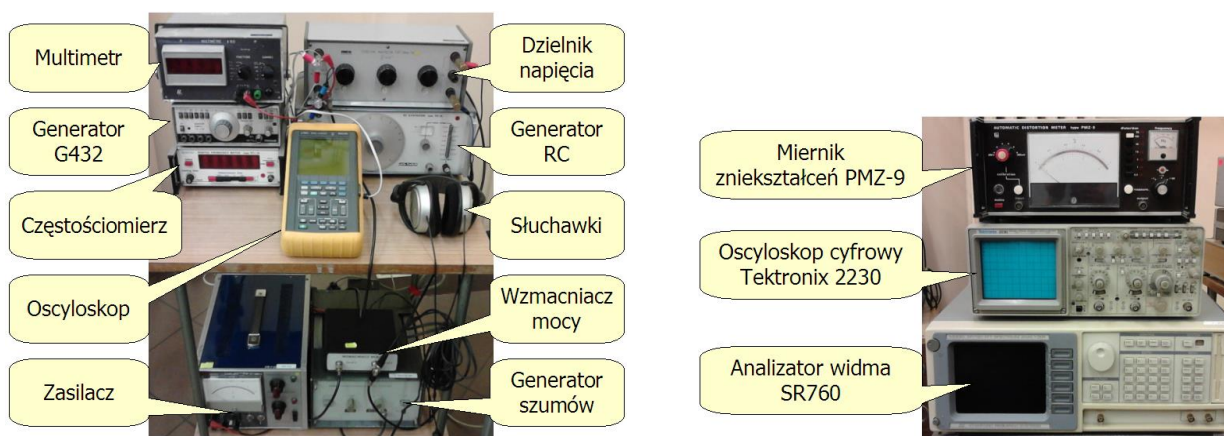
Przyrządami do pomiaru słuchu są audiometry. Podstawowym elementem audiometru jest generator drgań sinusoidalnych o częstotliwości regulowanej najczęściej w odstępach oktaowych od 125 do 8000 Hz.

Na ogół audiometr wyposażony jest w generator szumu białego, rzadziej w generator szumu wąskopasmowego. Audiometr zawiera także układy pomocnicze, wzmacniacz, tłumik oraz przetwornik elektroakustyczny, czyli słuchawki lub wibrator kostny. Najprostszym jest audiometr tonalny posiadający ręczną regulację natężenia tonu oraz częstotliwości. Schemat blokowy takiego audiometru przedstawiono na rys. 9.1. Ton z generatora może być modulowany ręcznie. Audiometry diagnostyczne są na ogół wyposażone w mikrofon służący do słownego porozumiewania się z pacjentem oraz badania słuchu żywą mową.

Schemat blokowy systemu pomiarowego do badań audiometrycznych przedstawiono na rys. 9.4, a jego ilustrację na fotografiach rys. 9.5.



Rys. 9.4. Schemat stanowiska pomiarowego do badań audiometrycznych



Rys. 9.5. Wyposażenie stanowiska pomiarowego do badań audiometrycznych

POMIARY AUDIOMETRYCZNE

Wyposażenie stanowiska

Lp.	Aparatura	Dokumentacje	Osprzęt
1.	-	Instrukcja do ćwiczenia	2 kołki
2.	Generator RC Typ PO-20	Instrukcja obsługi	6 kabli banan/banan
3.	Generator szumów NRG 201 typ 03002	Instrukcja obsługi	3 kable BNC/banan
4.	Generator G432	Instrukcja obsługi	1 kabel BNC/BNC
5.	Multimetr A 1613	Instrukcja obsługi	Kabel rozgałęźnik 5-wejściowe słuchawkowe - 2x BNC
6.	Częstościomierz cyfrowy PFL 23	Instrukcja obsługi	
7.	Dwukanałowy wzmacniacz mocy	Instrukcja obsługi	
8.	Słuchawki audiometryczne Philips SBC HP 2500	Parametry techniczne	
9.	Audiometr Madsen TBN 85	Instrukcja obsługi	
10.	Miernik zniekształceń PMZ-9	Instrukcja obsługi	
11.	Analizator widma SR760	Instrukcja obsługi	
12.	Dzielnik napięcia typ DNA-18		
13.	Oscyloskop		
14.	Zasilacz		