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.

Program ćwiczenia

1. Z dostępnych na stanowisku przyrządów i elementów zestawić prosty audiometr Przeanalizować parametry przyrządów w celu zapewnienia dopasowania sygnałowego współpracujących bloków.
2. Zmierzyć parametry wymienionych w p. 1 bloków, istotne dla badań audiometrycznych.
3. Określić średni próg słyszalności sygnału o częstotliwości 1 kHz, przyjętej za wzorcową, dla grupy kilku osób przyjmując go jako poziom odniesienia.
4. Wyszczególnić warunki pomiarów. Podać źródła błędów. Oszacować wartości błędów.
5. Wykonać badanie audiometryczne jednej osoby dla szeregu częstotliwości stosowanych do tego celu. Badanie przeprowadzić dwukrotnie: przy narastającej głośności i przy zmniejszającej się. Porównać wyniki.
6. Na podstawie nabytych w trakcie ćwiczenia doświadczeń zaproponować zestaw urządzeń i bloków sterowania umożliwiający półautomatyczne lub automatyczne zdejmowanie charakterystyki słyszalności ucha. Określić parametry techniczne zmontowanego urządzenia.
7. Przeprowadzić odpowiednie pomiary tak, aby na ich podstawie określić parametry generatora Δf i ΔU.

Aparatura pomiarowa i sprzęt dodatkowy

- zasilacz
- generator funkcyjny
- woltomierz cyfrowy
- częstościomierz cyfrowy
- generator szumów
- dwukanałowy wzmacniacz mocy
- słuchawki audiometryczne
- dzielnik napięcia

Problemy

1. Sposoby określania sprawności słuchu - metody subiektywne i metody obiektywne.
2. Budowa audiometru o różnym stopniu automatyzacji. Parametry metrologiczne audiometru.
3. Warunki przeprowadzania pomiarów audiometrycznych.
4. Wpływ zakłóceń zewnętrznych na wynik badania audiometrycznego.

5. Sposoby oceny jakości audiometru.
6. 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.

Pytania

1. Zaproponować schemat blokowy audiometru.
2. Podać warunki przeprowadzania badań audiometrycznych.
3. Określić parametry metrologiczne typowego audiometru.
4. Wskazać źródła błędów w pomiarach audiometrycznych.
5. Wskazać zadania dla procesora pracującego w audiometrze.
6. Zaproponować metodę sprawdzenia właściwości metrologicznych audiometru.
7. Określić parametry sygnału testującego w audiometrii.
8. Określić miary progu słyszalności.

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 Fochera, które mówi, że geometrycznemu wzrostowi pobudzenia odpowiada arytmetyczny wzrost wrażenia. W związku z tym w audiometrii wprowadzono jednostki logarytmiczne: *oktawa* w odniesieniu do częstotliwości tonu (z podstawą 2) w serii 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 Hz, a ostatnio częściej w serii 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz oraz *decybel* proporcjonalny do logarytmu natężenia tonu. Jako 0 dB odpowiadające $2*10^{-5}$ Pa przyjęto najsłabsze natężenie tonu 1000 Hz słyszane przez młode, prawidłowo słyszące osoby. Wrażenia subiektywne odpowiadające częstotliwości i natężeniu dźwięku nazwane zostały wysokością i głośnością.

W warunkach prawidłowych słuchowe pole człowieka zawiera się 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*. Dalej zwiększając natężenie dźwięku występuje niemiłe odczucie spowodowane nadmierną głośnością dźwięku. Jest to *próg niewygodnego słyszenia*. Dalszy wzrost natężenia powoduje uczucie bólu oraz zanik wrażenia słuchowego. W audiometrach na ogół niemożliwe jest ustawienie takiego natężenia dźwięku, które powodowałoby ból u prawidłowo słyszących osób.

Między *progiem słyszenia*, a *progiem bólu* mieści się *pole słuchowe*. Jego wykres okazał się jednak zbyt skomplikowany dla potrzeb praktycznej audiometrii. 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. Rozróżniamy audiogramy realizowane w układach względnym i bezwzględnym. Na wykresie w układzie bezwzględnym otrzymana łamana przedstawia wartości progu 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. W efekcie tym w układzie względnym audiogram przedstawia linię łamaną łączącą punkty określające ubytki słuchu dla poszczególnych częstotliwości. Ten sposób przedstawiania wyników jest powszechnie stosowany gdyż jest bardziej przejrzysty.

Ton jest to sinusoidalna fala dźwiękowa charakteryzująca się określoną częstotliwością. Natężenie tonu jest obiektywną miarą ilościową jego energii. Za pomocą audiometrii tonalnej bada się progi słyszenia drogą przewodnictwa powietrznego oraz przewodnictwa kostnego.

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. Oznaczenie progów pośrednich (dla częstotliwości 1500, 3000, 6000 Hz) ma sens tylko wtedy, gdy występuje ostre załamanie krzywej progowej dla jednej z częstotliwości oznaczonych rutynowo. Badanie zaczyna się od ucha lepiej słyszącego.

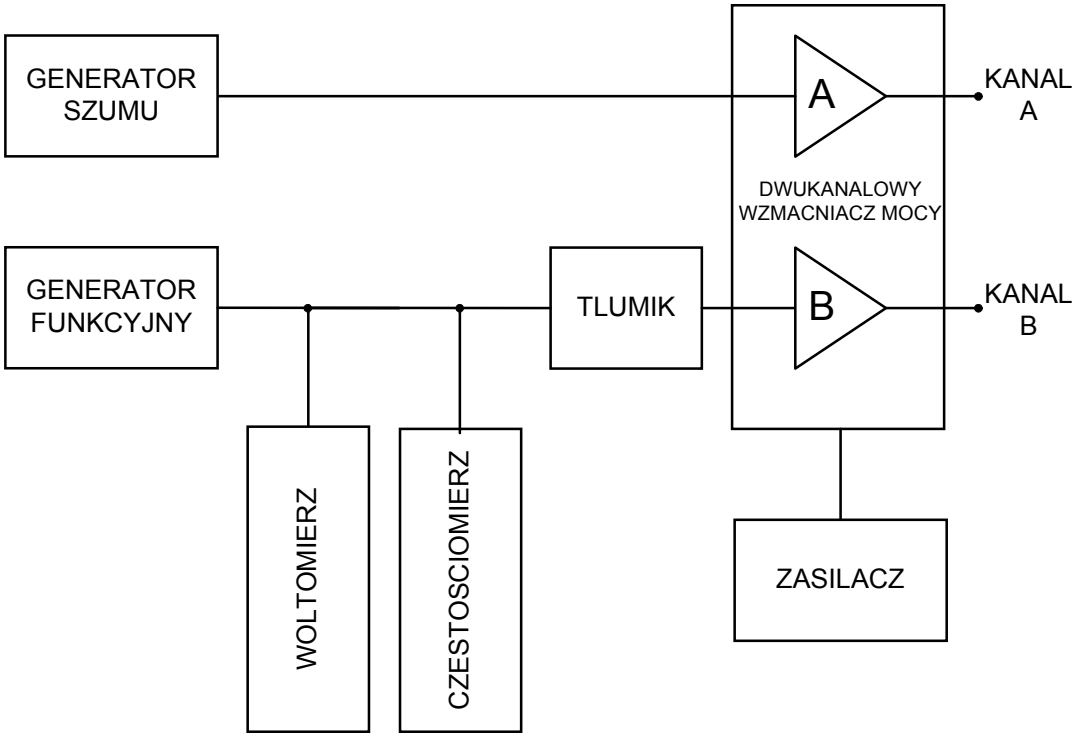
Skuteczne wyłączenie ucha niebadanego jest jednym z bardziej skomplikowanych zagadnień audiologii. Prawidłowe maskowanie musi całkowicie eliminować ucho niebadane oraz nie może obniżać słuchu w uchu badanym. Najczęstszym sposobem maskowania ucha niebadanego jest zagłuszanie tzw. szumem białym, czyli mieszaniną wszystkich częstotliwości spektrum akustycznego o tym samym natężeniu. Innym sposobem jest szum wąskopasmowy skoncentrowany wokół częstotliwości podawanej aktualnie na drugie ucho. Ten sposób maskowania jest bardziej przydatny przy testach tonalnych, natomiast poprzedni przy audiometrii słownej. Maskowanie stosuje się w większości przypadków badania drogi przewodnictwa kostnego.

W obrębie pola słuchowego występować mogą zaburzenia dotyczące wrażeń, wysokości oraz głośności sygnału akustycznego. Częstym zjawiskiem patologicznym są także szumy w uszach. Zaburzenia te można wykryć za pomocą testów tzw. nadprogowych, do których zalicza się m.in. *test wyrównania głośności*. Próba ta polega na sprawdzeniu czy przy wzroście natężenia dźwięku aż do końca wydolności audiometru różnica odczucia jednakowej głośności jest stała.

Przyrządami do pomiaru słuchu są audiometry. Podstawowym elementem audiometru jest generator drgań sinusoidalnych o częstotliwości regulowanej

najczęściej w odstępach oktawowych od 125 do 8000 Hz (czasem do 10 kHz lub 12 kHz z częstotliwościami pośrednimi 1,5, 3,6 kHz).

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 takiego audiometru przedstawiono na rys. 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.



Rys. 1. Schemat blokowy audiometru badanego w ramach zajęć laboratoryjnych