

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY
PROBLEMOWE

Zeszyt 66

Maria Jolanta Podolska

UKŁADY I METODY POMIAROWE
PARAMETRÓW ELEKTROAKUSTYCZNYCH
APARATÓW SŁUCHOWYCH DLA NIEDOSŁYSZĄCYCH



Warszawa 1985

53.77

I N S T Y T U T Ł A C Z N O Ś C I

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

R E F E R A T Y P R O B L E M O W E

Zeszyt 66

Maria Jolanta Podolska

UKŁADY I METODY POMIAROWE
PARAMETRÓW ELEKTROAKUSTYCZNYCH
APARATÓW SŁUCHOWYCH DLA NIEDOSŁYSZĄCYCH

Warszawa 1985

S-9446

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stagowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

mgr inż. Maria Jolanta Podolska

Zakład Elektroakustyki /Z-9/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-372 lub 630

Praca 5/9-04

Opiniował: dr inż. Stanisław Sońta

Manuskrypt dostarczono dnia 15.XI.1984 r.

Artykuł omawia układy pomiarowe i metody badań parametrów elektroakustycznych aparatów słuchowych na bazie zaleceń IEC nr 118, ANSI S3.22-1976. W Instytucie Łączności prace te zostały podjęte w wyniku pojawienia się aparatów słuchowych produkcji krajowej, które powinny być ocenione pod względem technicznym.

W niniejszym artykule ograniczono się do aparatów słuchowych działających na zasadzie przewodnictwa powietrznego.

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
v* 5-9446

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Skwara

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 28.XI. 1984 r.
Nakład 40 egz.

Maria Jolanta Podolska

UKŁADY I METODY POMIAROWE
PARAMETRÓW ELEKTROAKUSTYCZNYCH
APARATÓW SŁUCHOWYCH DLA NIEDOSŁYSZĄCYCH

SPIS TREŚCI

| | Str. |
|---|------|
| 1. Wprowadzenie | 1 |
| 2. Urządzenia pomiarowe | 2 |
| 2.1. Komora akustyczna /bezechowa/ | 3 |
| 2.2. Źródło dźwięku /ciśnienia akustycznego/ | 4 |
| 2.3. Sztuczne ucho | 4 |
| 2.4. Mikrofony pomiarowe | 6 |
| 2.5. Miernik poziomu ciśnienia akustycznego | 6 |
| 2.6. Urządzenie dodatkowe do automatycznego zapisywania charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego | 7 |
| 3. Ogólne warunki pomiarów | 7 |
| 3.1. Wybór miejsca pomiarowego | 7 |
| 3.2. Położenie aparatu słuchowego w komorze akustycznej | 8 |
| 4. Metody pomiarów parametrów elektroakustycznych i charakterystyk częstotliwościowych aparatu słuchowego | 9 |
| 4.1. Charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego | 13 |
| 4.1.1. Rodzina charakterystyk wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego | 13 |
| 4.1.2. Bazowa charakterystyka poziomu ciśnienia akustycznego | 14 |
| 4.1.3. Regulacja barwy tonu | 15 |
| 4.2. Maksymalny, wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego | 16 |
| 4.3. Maksymalne wzmocnienie akustyczne | 17 |

| | Str. |
|---|------|
| 4.4. Charakterystyka wzmocnienia akustycznego w funkcji położenia regulatora | 17 |
| 4.5. Zniekształcenia harmoniczne | 18 |
| 4.6. Szumy własne aparatu słuchowego | 20 |
| 4.7. Pobór prądu | 21 |
| 4.8. Wpływ zmian napięcia źródła zasilania na wzmocnienie akustyczne | 21 |
| 4.9. Wpływ zmian napięcia zasilającego na zniekształcenia harmoniczne | 23 |
| 4.10. Badanie działania układu ograniczającego PC/peak clipping/ | 23 |
| 4.11. Badanie działania układu automatycznej regulacji wzmocnienia /ARW/ | 24 |
| 4.11.1. Charakterystyka statyczna ARW $/L_s = F/L_k /$ | 25 |
| 4.11.2. Charakterystyka dynamiczna ARW | 27 |
| 5. Zakończenie | 28 |
| Wykaz literatury | 29 |

Maria Jolanta Podolska

UKŁADY I METODY POMIAROWE
PARAMETRÓW ELEKTROAKUSTYCZNYCH
APARATÓW SŁUCHOWYCH DLA NIEDOSŁYSZĄCYCH

1. WPROWADZENIE

Rozwój elektroakustyki i cybernetyki stworzył możliwość bliższego poznania zagadnień akustyki fizjologicznej, ugruntowania diagnostyki z tego zakresu oraz opracowania i wprowadzenia nowoczesnych metod rehabilitacji osób z uszkodzonymi narządami słuchu. U ludzi z upośledzeniem słuchu stosuje się protezy słuchowe, zwane aparatami słuchowymi. Zastosowanie urządzenia wzmacniającego dźwięki akustyczne, dla których ucho ma zmniejszoną czułość, może przywrócić dolną granicę słyszalności do takiego poziomu, który daje możliwość rehabilitacji ludzi z wadą słuchu i ich normalnego funkcjonowania w społeczeństwie ludzi słyszących. Obecnie na świecie, w ślad za stale wzrastającymi potrzebami i wymaganiami ludzi niedosłyszących, renomowane firmy elektroniczne produkują coraz bardziej nowoczesne modele aparatów słuchowych. Najczęściej dostępne aparaty słuchowe wykonywane są w kształcie pudełeczka noszonego, np. w kieszeni z wyjściem na jedną lub dwie słuchawki, w formie okularów /w oprawie okularowej/, lub w postaci zaczepy zausznej. Niektóre typy aparatów słuchowych, umożliwiają korekcję ubytku słuchu w dowolnych częściach akustycznego pasma częstotliwości, a także są przystosowane do odbioru sygnałów z akustycznej pętli indukcyjnej, tzn. wyposażone są tzw. "cewkę telefoniczną". Bardziej nowoczesne rozwiązania aparatów słuchowych posiadają układ PC /"peak clipping"/, ograniczający "trzaski" o du-

zej amplitudzie oraz układ automatycznej regulacji wzmocnienia ARW.

W ostatnich latach w Polsce obserwuje się znaczne zainteresowanie zakładów elektronicznych produkcją aparatów słuchowych. Zbadanie przydatności aparatu słuchowego do stosowania przez ludzi niedosłyszących wymaga, prócz badań subiektywnych przeprowadzonych z udziałem pacjenta, również właściwej oceny technicznej /badań obiektywnych/, opartej na kompleksowych pomiarach parametrów i charakterystyk elektroakustycznych, badaniach wytrzymałościowych na wpływy klimatyczne /ciężnienie atmosferyczne, temperatura, wilgotność/ oraz na wstrząsy mechaniczne /wibracje, udary/.

Instytut Łączności w Warszawie, jako jedna z placówek naukowo-badawczych w kraju, został uprawniony przez Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej do wydawania ocen technicznych aparatów słuchowych. W związku z tym opracowano układy i metody pomiarowe do elektroakustycznych badań aparatów słuchowych głównie na podstawie zaleceń IEC nr 118 /International Electrotechnical Commission / oraz normy ANSI S322 1976 /American National Standard Institute /. Niniejszy artykuł dotyczy tylko metodyki elektroakustycznych badań aparatów słuchowych, działających na zasadzie przewodnictwa powietrznego.

2. URZĄDZENIA POMIAROWE

Stanowisko pomiarowe do badań parametrów i charakterystyk elektroakustycznych aparatów słuchowych, działających na zasadzie przewodnictwa powietrznego, powinno być wyposażone w następujące podstawowe przyrządy i urządzenia:

- 1/ komorę akustyczną /bezechową/,
- 2/ generator pomiarowy sygnału akustycznego,
- 3/ mikrofony pomiarowe,

- 4/ wzmacniacze pomiarowe /mierniki poziomu ciśnienia akustycznego/,
- 5/ sztuczne ucho,
- 6/ miernik zniekształceń harmoniczných,
- 7/ rejestrator /pisak/.

Możliwości pomiarowe znacznie rozszerzają się przez wprowadzenie częściowej lub całkowitej automatyzacji pomiarów /większa obiektywizacja wyników pomiarowych/, polegającej, w głównej mierze na rejestracji wyników za pomocą urządzenia piszącego /rejestratora/, sprzężonego elektrycznie i mechanicznie z generatorem akustycznym.

Obecnie na świecie istnieje wiele firm elektronicznych specjalizujących się w produkcji narzędzi pomiarowych w akustyce i elektroakustyce, a wśród nich europejska firma Brüel & Kjaer /Dania/. Instytut Łączności dysponuje w większości przyrządami tej firmy. Poniżej zostaną omówione niektóre urządzenia pomiarowe oraz podstawowe wymagania, jakie muszą one spełniać.

2.1. Komora akustyczna /bezechowa/

Wszystkie pomiary elektroakustyczne aparatów słuchowych przeprowadza się w komorze akustycznej, która zapewnia wewnątrz warunki pola fali swobodnie biegnącej, tzn. poziom ciśnienia akustycznego wytwarzanego wskutek odbić od ścian w miejscu ustawienia mikrofonu pomiarowego, jest dużo niższy od poziomu ciśnienia akustycznego utworzonego od fali pochodzącej bezpośrednio ze źródła dźwięku. W zakresie mierzonych częstotliwości 200+5000 Hz poziom natężenia dźwięku /ciśnienia dźwięku/ w punkcie ustawienia badanego aparatu słuchowego, nie powinien odbiegać więcej, niż o +2 dB, od wartości wynikającej z prawa odwrotnej proporcjonalności zmian ciśnienia do odległości od źródła dźwięku /wzór 1/

$$I_k = \frac{P_a}{2\pi r^2} \left| \frac{W}{m^2} \right| \quad /1/$$

gdzie:

I_k - natężenie ciśnienia akustycznego dla fali kulistej w $/W/m^2/$,

P_a - moc akustyczna źródła dźwięku w $/W/$,

r - odległość punktu pomiarowego od punktowego źródła dźwięku w $/m/$.

Poziom ciśnienia akustycznego w komorze pomiarowej, wytwarzany przez niepożądane zewnętrzne źródła dźwięków /poziom szumów własnych komory/, powinien być co najmniej o 20 dB niższy, od najniższego poziomu ciśnienia akustycznego stosowanego w pomiarach.

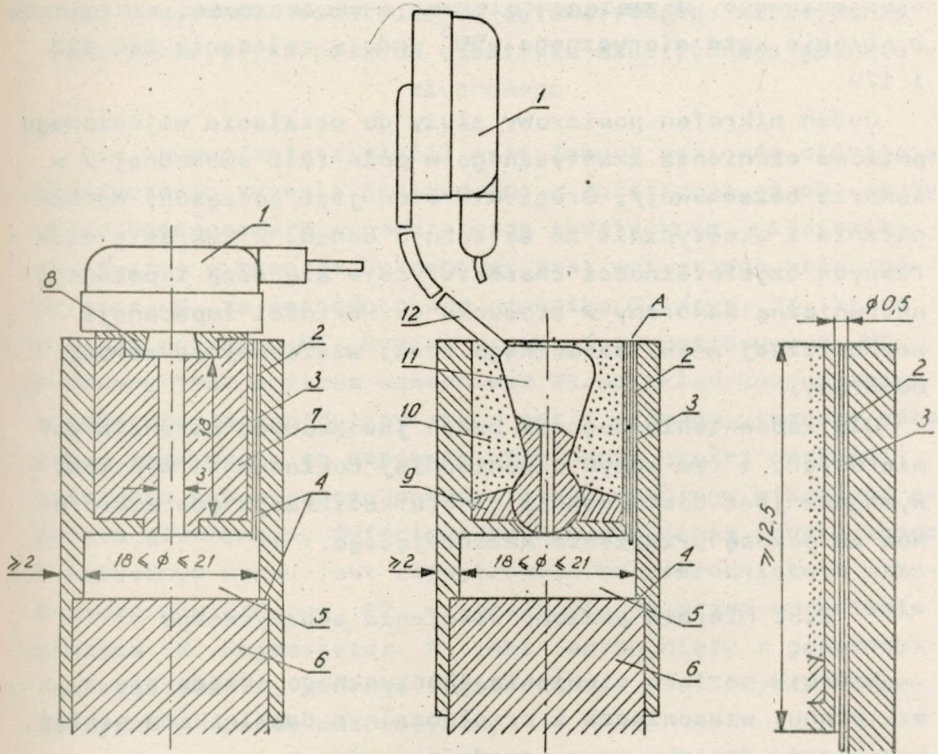
2.2. Źródło dźwięku /ciśnienia akustycznego/

W elektroakustycznych badaniach aparatów słuchowych, jako źródło dźwięku /sygnału pomiarowego/ stosuje się generator sygnałów sinusoidalnych, o zakresie częstotliwości 20÷20000 Hz. Szczegółowe wymagania dotyczące dokładności ustawienia poziomu ciśnienia akustycznego oraz częstotliwości, a także wartości współczynnika zawartości harmonicznym w sygnale pomiarowym źródła dźwięku podaje Publikacja IEC nr 118.

2.3. Sztuczne ucho

Podczas badań aparatów słuchowych należy zapewnić słuchawce warunki zbliżone do naturalnych. Konieczne jest zatem, zastosowanie sztucznego ucha, symulującego impedancję akustyczną przeciętnego ucha obciążającego słuchawkę w zakresie częstotliwości 200÷5000 Hz. Sztuczne ucho, o określonym kształcie i objętości w połączeniu z wycieczonym mikrofonem umożliwia pomiar ciśnienia akustycznego

w jego wnęce. Przykład konstrukcji sztucznego ucha DB 0138 firmy Brüel & Kjaer pokazano na rysunku 1 /według Publikacji IEC nr 126 i ANSI S3,7 - 1973/.



Rys. 1. Przykład konstrukcji sztucznego ucha
DB 0138 /firmy B&K/

1 - badana słuchawka, 2 - kapilara $\varnothing 0,5$ mm do wyrównywania ciśnienia, 3 - drut $\varnothing 0,5$ mm częściowo wypełniający kapilarę, 4 - uszczelnienie, 5 - wnęka o objętości 2 cm^3 , 6 - mikrofon wzorcowy, 7 - układ zastępczy wkładki dousznej, 8 - wspornik obrzeża słuchawki z uszczelnieniem, 9 - wspornik wkładki dousznej z uszczelnieniem, 10 - materiał tłumiący, 11 - wkładka douszna, 12 - rurka łącząca

2.4. Mikrofony pomiarowe

W zestawie pomiarowym do badań aparatów słuchowych zwykle stosuje się dwa mikrofony wszechkierunkowe typu ciśnieniowego. Dopuszczalne tolerancje skuteczności mikrofonów, w obrębie kąta sferycznego $\pm 90^\circ$ podają zalecenia IEC 123 i 179.

Jeden mikrofon pomiarowy służy do ustalenia wejściowego poziomu ciśnienia akustycznego w polu fali swobodnej / w komorze bezchowej/. Drugi mikrofon jest sprzężony mechanicznie i akustycznie ze sztucznym uchem. W zakresie mierzonych częstotliwości charakteryzuje się dużą impedancją mechaniczną membrany w stosunku do wartości impedancji mechanicznej wnęki sztucznego ucha, widzianej od strony membrany.

Dla zapewnienia podczas badań jednakowych warunków pomiarowych, a tym samym odpowiedniej dokładności wyników, wymagana jest dostatecznie częsta kalibracja obu mikrofonów za pomocą urządzenia kalibrującego.

2.5. Miernik poziomu ciśnienia akustycznego

Miernik poziomu ciśnienia akustycznego składa się z mikrofonu, wzmacniacza z przełączalnym dzielnikiem napięcia, korektorów dźwięku oraz urządzenia odczytowego.

W zestawie pomiarowym do obiektywnych badań aparatów słuchowych stosuje się dwa mierniki poziomu ciśnienia akustycznego: jeden do wzmocnienia i pomiaru sygnałów akustycznych z generatora /wejściowy wzmacniacz pomiarowy/, drugi do wzmocnienia i pomiaru poziomu ciśnienia akustycznego we wnęcie sztucznego ucha /wyjściowy wzmacniacz pomiarowy/. Obydwa mierniki powinny zawierać co najmniej jeden z trzech różnych układów korekcyjnych A, B lub C /charakterystyki krzywych korekcyjnych podają zalecenia IEC 123 i 179/. Szczegółowe wymagania dotyczące tolerancji charakterystyk przenoszenia mierników, wartości zniekształ-

ceń harmoniczných sygnału o częstotliwości podstawowej i poziomu szumów własnych przyrządu, zawarte są w publikacji IEC nr 118.

2.6. Urządzenie dodatkowe do automatycznego zapisywania charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego

Dla zapewnienia stałości wejściowych poziomów ciśnienia akustycznego sygnału pomiarowego z tolerancją ± 1 dB, służy układ kompensatora w generatorze akustycznym. Ciśnienie akustyczne w komorze bezdechowej jest wytwarzane przez generator G za pośrednictwem głośnika G₁ /rys. 2/, które pobudza mikrofon M1. Sygnał z mikrofonu pomiarowego M1 podawany jest poprzez wzmacniacz W1 na układ kompensatora w generatorze znajdujący się w pętli silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego, co zapewnia utrzymanie stałej wartości ciśnienia akustycznego pobudzającego membranę mikrofonu aparatu słuchowego. Wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu, jest rejestrowany za pośrednictwem wzmacniacza pomiarowego W2 w sposób ciągły przez urządzenie piszące R. Rejestrator R jest sprzęgnięty z generatorem akustycznym, którego częstotliwość jest płynnie przestrajana w sposób automatyczny.

3. OGÓLNE WARUNKI POMIARÓW

3.1. Wybór miejsca pomiarowego

O wyborze miejsca pomiarowego w komorze akustycznej decyduje szereg kryteriów, uwzględniających wymiary geometryczne aparatu słuchowego, odległość od źródła dźwięku, a także sposób pomiaru / metoda podstawiania lub porównania/. Miejsce pomiarowe powinno znajdować się w dostatecznej odległości od źródła dźwięku, aby kulistą falę akustyczną, emitowaną przez głośnik, można było w przybliżeniu uwa-

zać za falę płaską, uwzględniając wymiary geometryczne aparatu w stosunku do długości fal akustycznych /200-5000 Hz/ odległość aparatu od głośnika powinna być tak dobrana, aby nie występowały zjawiska odbicia zakłócające i fałszujące pomiar pomiędzy źródłem dźwięku i aparatem słuchowym. Zwykle odległość ta wynosi ok. 0,5 m.

3.2. Położenie aparatu słuchowego w komorze akustycznej

Pomiar charakterystyk częstotliwościowych aparatu słuchowego można przeprowadzić dwiema metodami: podstawienia i porównania. W zależności od zastosowanej metody zmienia się położenie aparatu w stosunku do źródła ciśnienia akustycznego. W metodzie podstawienia punkt pomiarowy aparatu /otwór mikrofonowy w aparacie słuchowym/, powinien znajdować się w miejscu pomiarowym komory, tj. w miejscu ustawienia mikrofonu wzorcowego M1.

W przypadku stosowania metody porównania mikrofon wzorcowy M1 i mikrofon aparatu słuchowego M2 umieszcza się symetrycznie względem osi geometrycznej źródła dźwięku - rys. 2. Odległość między nimi, powinna być dostatecznie duża tak, aby poziom ciśnienia akustycznego w obu punktach pomiarowych nie zmienił się przy umieszczeniu aparatu słuchowego i mikrofonu pomiarowego. Najczęściej odległość ta wynosi 10-15 cm.

Statyw oraz wspornik utrzymujący aparat słuchowy powinny mieć taką konstrukcję i wymiary, aby ich obecność w komorze nie zakłócała pola akustycznego w pobliżu aparatu słuchowego, oraz nie wprowadzała niepożądanych efektów związanych z rezonansami mechanicznymi.

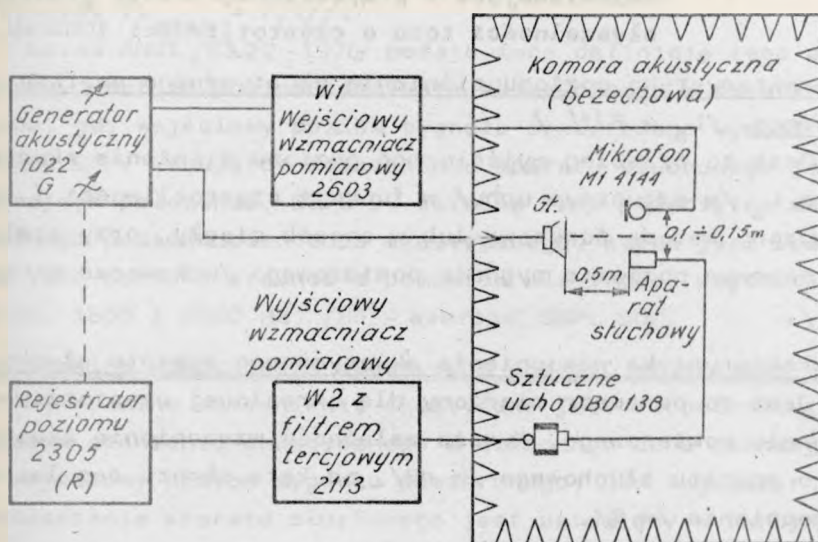
Sztuczne ucho wraz ze słuchawką powinno być wystarczająco odległe od aparatu, aby uniknąć zniekształcenia pola akustycznego w miejscu ustawienia aparatu.

4. METODY POMIARÓW PARAMETRÓW ELEKTROAKUSTYCZNYCH I CHARAKTERYSTYK CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH APARATU SŁUCHOWEGO

Metody pomiarów parametrów elektroakustycznych aparatów słuchowych, działających na zasadzie przewodnictwa powietrznego oraz warunki pomiarowe określa publikacja IEC nr 118 i ANSI S3.22-1976.

W artykule zostanie omówiona jedna z metod pomiaru aparatów słuchowych – metoda porównania.

Na rys. 2 przedstawiono układ pomiarowy oraz podstawowy zestaw aparatury pomiarowej, np. firmy Brüel & Kjaer.



Rys. 2. Układ do pomiaru aparatów słuchowych opartych na przewodnictwie powietrznym

Poniżej podano wyjaśnienie niektórych pojęć i parametrów akustycznych

Ciśnienie akustyczne

Ciśnienie akustyczne /w danym punkcie środowiska/ jest to różnica pomiędzy ciśnieniem istniejącym w środowisku w danej

chwili a ciśnieniem statycznym, spowodowana drganiami akustycznymi. Jednostką ciśnienia akustycznego w układzie SI jest paskal /Pa/.

Ciśnienie akustyczne jest często wyrażane w mierze logarytmicznej w dB, jako poziom ciśnienia akustycznego

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ /dB/ (SPL) } \quad /2/$$

gdzie: p - wartość skuteczna ciśnienia akustycznego w Pa,
 p_0 - ciśnienie akustyczne odniesienia $2 \cdot 10^{-5}$ Pa,
 odpowiadające w przybliżeniu dolnej granicy słyszalności tonu o częstotliwości 1000 Hz.

Charakterystyka poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego / $L_s = F/f$ /

Jest to przebieg wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego L_s /w sztucznym uchu/ w funkcji częstotliwości f , wyznaczony metodą punktową lub w sposób ciągły, przy stałym wejściowym poziomie sygnału pomiarowego /w komorze akustycznej/.

Charakterystyka wzmocnienia akustycznego aparatu słuchowego

Jest to parametr mierzony dla określonej częstotliwości sygnału pomiarowego. Wyraża zależność wzmocnienia akustycznego aparatu słuchowego /w dB/, od kąta obrotu regulatora wzmocnienia /w %/.

Charakterystyka statyczna ARW aparatu słuchowego

Jest to wykres przedstawiający zależność wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego L_s /w sztucznym uchu/ od wejściowego poziomu sygnału pomiarowego L_k /w komorze akustycznej/ w stanie ustalonym, przy określonej częstotliwości.

Charakterystyka dynamiczna ARW aparatu słuchowego

Jest to przebieg czasowy wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego $L_e/t/$, stanowiący dynamiczną odpowiedź aparatu słuchowego z układem ARW, na krótkotrwałe impulsy prostokątne.

Maksymalny wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego / $L_{e\max}$ / lub /SSPL 90/

Jest to parametr, określający największy możliwy poziom ciśnienia akustycznego wytwarzany przez słuchawkę aparatu słuchowego we wnęce sztucznego ucha, w skrajnym położeniu regulatora wzmocnienia. Zwykle maksymalny wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego podaje się w zależności od częstotliwości $L_{e\max} = F/f/$.

Norma ANSI /S3.22-1976/ podaje inną definicję tego parametru. Jest to poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu, gdy wejściowy poziom sygnału pomiarowego wynosi 90 dB /SSPL 90/. Regulator wzmocnienia aparatu słuchowego jest w skrajnym położeniu. SSPL 90 określa tzw. przeciętna maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego, która jest obliczona jako wartość średnia z pomiarów dla trzech częstotliwości 1000, 1600 i 2500 Hz /HF - average SSPL 90/.

Maksymalne wzmocnienie akustyczne aparatu słuchowego / A_{\max} /

Maksymalne wzmocnienie akustyczne jest określone, jako poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu pomniejszony o wejściowy poziom sygnału pomiarowego, gdy regulator wzmocnienia aparatu słuchowego jest ustawiony w skrajnej maksymalnej pozycji. Parametr ten przedstawia się na wykresie $A_{\max} = F/f/$ i charakteryzuje go tzw. przeciętna maksymalnego wzmocnienia akustycznego, która jest obliczona, jako wartość średnia ze wzmocnień akustycznych dla częstotliwości 1000, 1600 i 2500 Hz /HF - average full-on gain/.

Poziom szumów własnych aparatu słuchowego / L_n /

Szum własny jest dźwiękiem o widmie ciągłym i charakterze przypadkowym. Poziom szumów własnych / L_n / jest to po-

ziom ciśnienia akustycznego wytwarzany przez aparat słuchowy we wnętrzu sztucznego ucha przy wyłączonym źródle dźwięku. Regulator wzmacnienia jest w pozycji bazowej, tj. w takiej pozycji, przy której dla sygnału pomiarowego o częstotliwości 1000 Hz, wzmacnienie akustyczne wynosi $A = 40$ dB z tolerancją ± 2 dB.

Wzmacnienie akustyczne aparatu słuchowego, /A/

Wzmacnienie akustyczne aparatu słuchowego /A/ jest zdefiniowane jako, różnica pomiędzy wyjściowym i wejściowym poziomem ciśnienia akustycznego, zmierzona dla określonej częstotliwości. Parametr ten jest wyrażony w dB.

$$A = L_g - L_k \quad \text{dB}$$

gdzie: L_g - wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego /w sztucznym uchu/,

L_k - wejściowy poziom ciśnienia akustycznego /w komorze akustycznej/.

Zniekształcenia harmoniczne /h/

Zróżnicowaniem zniekształceń harmonicznych urządzeń elektroakustycznych są: nieliniowe zależności napięciowo-prądowe elementów czynnych układu elektronicznego /diody, tranzystory/, zjawiska w elementach ferromagnetycznych oraz nieliniowości przetworników elektroakustycznych /mikrofony, głośniki, słuchawki/.

Wskaźnikiem zniekształceń harmonicznych układu elektronicznego jest współczynnik zawartości harmonicznych, który jest określony zależnością

$$h = \sqrt{\frac{p_2^2 + p_3^2 + \dots + p_n^2}{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}} \cdot 100\% \quad /3/$$

gdzie: p_1 - amplituda ciśnienia akustycznego tonu o częstotliwości podstawowej f ,

p_2, p_3, \dots, p_n - amplitudy ciśnienia akustycznego tonów składowych harmonicznycych o częstotliwościach $2f, 3f, nf$.

Często wielkość zniekształceń harmonicznycych ocenia się na podstawie zawartości poszczególnycych harmonicznycych w badanym sygnale wyjściowym. Współczynnik zawartości i -tej harmonicznyczej jest następująco zdefiniowany.

$$h_i = \frac{p_i}{\sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_i^2}} \cdot 100\% \quad /4/$$

gdzie: p_i - amplituda ciśnienia akustycznego tonu o składowej harmonicznyczej o częstotliwości if ,

p_1, p_2, \dots, p_i - amplitudy ciśnienia akustycznego tonów składowych harmonicznycych o częstotliwościach $f, 2f, \dots, if$.

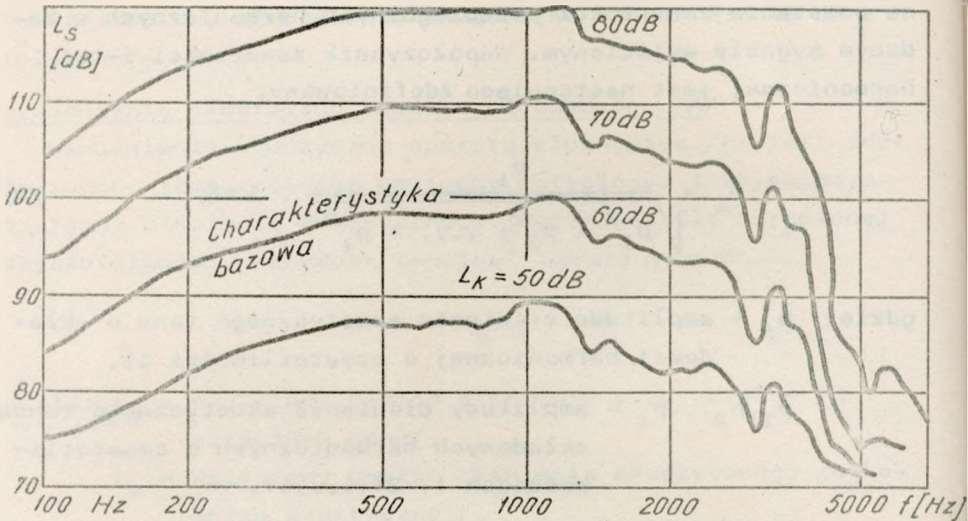
4.1. Charakterystyki poziomu ciśnienia akustycznego

Przebieg poziomu ciśnienia akustycznego spośród wszystkich mierzonych parametrów, najpełniej charakteryzuje aparat słuchowy pod względem jego możliwości akustycznych, tj. informuje o zakresie przenoszonych częstotliwości, o średnim wyjściowym poziomie ciśnienia akustycznego, o nierównomierności charakterystyki wzmacnienia i o wzmacnieniu akustycznym aparatu.

4.1.1. Rodzina charakterystyk wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego

Jest to zespół wykresów wyjściowych poziomów ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości otrzymanycych dla różnych poziomów sygnału pomiarowego, typowych dla mowy /50-80 dB/ w warunkach gdy. wyjściowy poziom ciśnienia aku-

stycznego aparatu słuchowego dla sygnału pomiarowego o częstotliwości 1000 Hz wynosi $L_s = 100 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB}$ /por. rys.3/.



Rys. 3. Przykładowa rodzina charakterystyk wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego

Przebiegi charakterystyki $L_s = F/f$ dla $L_k = \text{const}$ względem siebie świadczą o liniowości układu wzmacniającego aparatu słuchowego, tzn. "zagęszczenie" wykresów dla większych poziomów L_k informuje o nieliniowej pracy układu wzmacniającego, tj. o jego "nasyeniu".

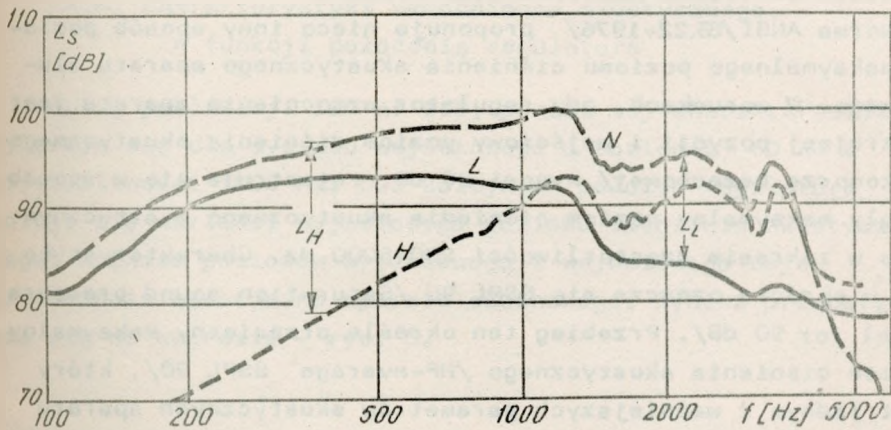
4.1.2. Bazowa charakterystyka poziomu ciśnienia akustycznego

Bazowa charakterystyka poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego $L_s = F/f$ jest jedną z rodziny charakterystyk /pkt.4.1.1/ zmierzoną w warunkach, gdy wyjściowy poziom sygnału pomiarowego o częstotliwości 1000 Hz wynosi 60 dB, a poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu jest $L_s = 100 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB}$ /rys. 3/.

W aparatach, w których nie można uzyskać wymaganego wyjściowego poziomu 100 dB, regulator wzmocnienia ustawia się w skrajnej pozycji i w takich warunkach zdejmuje się charakterystykę bazową.

4.1.3. Regulacja barwy tonu

Zadaniem aparatu słuchowego jest wzmocnienie dźwięków w tych zakresach częstotliwości, w których ucho pacjenta ma zmniejszoną czułość. Dokładne dopasowanie aparatu do indywidualnego ubytku słuchu pacjenta, jest możliwe dzięki zastosowaniu w aparatach słuchowych filtrów korekcyjnych, modelujących odpowiednio charakterystykę wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego. Badanie regulacji barwy tonu polega na rejestracji kolejnych przebiegów wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego bez korekcji /charakterystyka bazowa N/, z korekcją w zakresie niskich częstotliwości /przebieg H/, z korekcją w zakresie wysokich częstotliwości /przebieg L/ - rys. 4.



Rys.4. Wpływ regulacji barwy tonu aparatu słuchowego na bazową charakterystykę wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego

Skuteczność działania regulacji barwy tonu ocenia się na podstawie względnego spadku wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego w stosunku do charakterystyki bazowej dla $f = 400$ Hz /korekcja w zakresie wysokich częstotliwości/ oraz dla $f = 2000$ Hz /korekcja w zakresie niskich częstotliwości/.

4.2. Maksymalny, wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego

Publikacja IEC nr 118, zaleca pomiar maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego, tzw. metoda "punkt po punkcie". Procedura tego badania jest następująca. Regulator wzmocnienia ustawia się w skrajnej pozycji. Dla określonej częstotliwości zwiększa się poziom wejściowy sygnału pomiarowego tak długo, aż poziom wyjściowy ciśnienia akustycznego osiągnie maksymalną wartość. To postępowanie powtarza się dla kolejnych częstotliwości wybranych z zakresu $200 \div 5000$ Hz. Wyniki przedstawia się na wykresie $L_{max} = F/f$. Metoda ta jest żmudna, czasochłonna, a dokładność konstrukcji przebiegu $L_{max} = F/f$ jest ściśle uzależniona od liczby pomiarów dyskretnych.

Norma ANSI/S3.22-1976/ proponuje nieco inny sposób pomiaru maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego. W warunkach, gdy regulator wzmocnienia aparatu jest w skrajnej pozycji i wejściowy poziom ciśnienia akustycznego /w komorze bezochowej/ wynosi 90 dB, rejestruje się w sposób ciągły maksymalny poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu w zakresie częstotliwości $200 \div 5000$ Hz. Charakterystykę tę, w skrócie, oznacza się SSPL 90 /Saturation sound pressure level for 90 dB/. Przebieg ten określa przeciętny maksymalny poziom ciśnienia akustycznego /HF-average SSPL 90/, który jest jednym z ważniejszych parametrów akustycznych aparatu słuchowego. Oblicza się go, jako wartość średnia poziomów dla trzech częstotliwości 1000, 1600 i 2500 Hz. Wartość tego parametru dla mierzonego aparatu, nie powinna przekraczać liczby /wyrażonej w dB/ podanej przez producenta o więcej niż ± 4 dB.

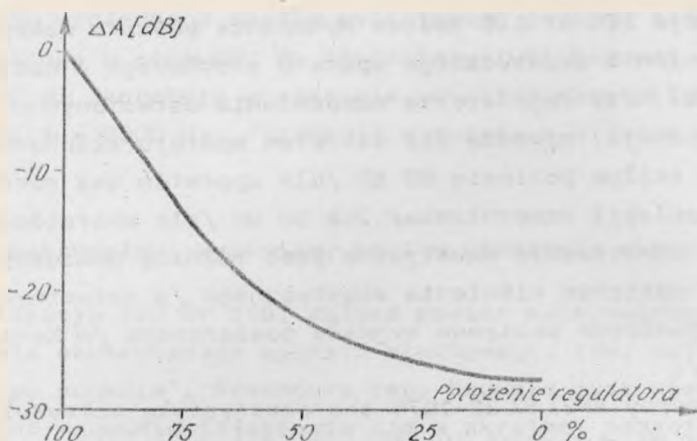
4.3. Maksymalne wzmocnienie akustyczne

Publikacja IEC nr 118 zaleca wykonanie pomiaru maksymalnego wzmocnienia akustycznego aparatu słuchowego w następujący sposób. Przy regulatorze wzmocnienia ustawionym w skrajnej pozycji, pobudza się mikrofon aparatu słuchowego sygnałem o stałym poziomie 60 dB /dla aparatów bez automatycznej regulacji wzmocnienia/ lub 50 dB /dla aparatów z ARW/. Maksymalne wzmocnienie akustyczne jest różnicą pomiędzy wyjściowym poziomem ciśnienia akustycznego /w sztucznym uchu/ i wejściowym poziomem sygnału pomiarowego /w komorze bozechowej/.

Według normy ANSI S3.22-1976 charakterystykę maksymalnego wzmocnienia akustycznego określa parametr, zwany przeciętnym maksymalnym wzmocnieniem akustycznym aparatu słuchowego /MF - average full-on gain/, który jest obliczany jako wartość średnia ze wzmocnień akustycznych, przy trzech częstotliwościach 1000, 1600 i 2500 Hz. Wartość tego parametru dla badanego aparatu, nie powinna przekraczać liczby /wymagowanej w dB/, podanej przez producenta, o więcej niż +5 dB.

4.4. Charakterystyka wzmocnienia akustycznego, w funkcji położenia regulatora

Według publikacji IEC nr 118, pomiar tej charakterystyki wykonuje się dla sygnału wejściowego o poziomie 60 dB i częstotliwości 1000 Hz. Dla kolejnych położzeń regulatora notuje się wartości wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego. Różnica poziomów wyjściowego i wejściowego daje wzmocnienie akustyczne aparatu słuchowego. Wyniki przedstawia się na wykresie - rys. 5.



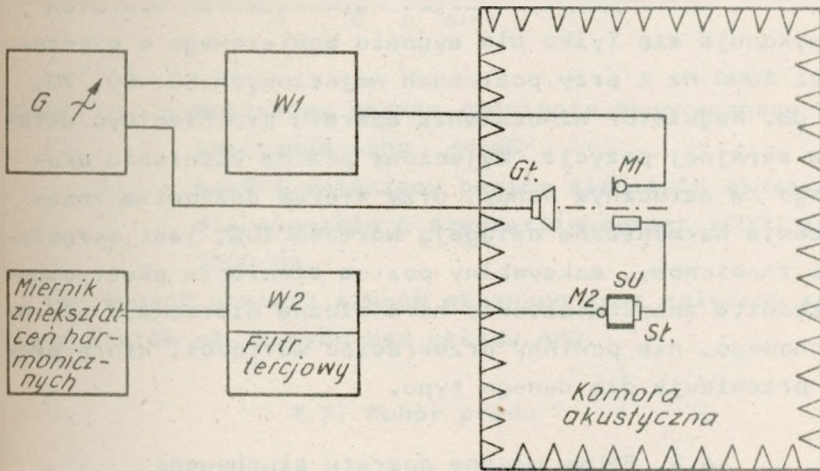
Rys. 5. Przykładowa charakterystyka wzmocnienia akustycznego aparatu słuchowego

Uwaga: Na wykresie maksymalnemu wzmocnieniu akustycznemu aparatu słuchowego /skrajne położenie regulatora wzmocnienia - 100%/ odpowiada 0 dB. Mniejsze wzmocnienia odpowiadające kolejnym położeniom regulatora wyposażone są jako wartości ujemne.

4.5. Zniekształcenia harmoniczne

Zniekształcenia harmoniczne aparatu słuchowego można określić w dwojaki sposób: przez pomiar współczynnika zawartości harmonicznych w sygnale wyjściowym aparatu /w słuchawce/ - wzór 3 i przez pomiar współczynników zawartości drugiej i trzeciej harmonicznej - wzór 4.

Warunkiem prawidłowości pomiaru zniekształceń harmonicznych aparatu słuchowego jest to, aby cały tor pomiarowy /generator akustyczny, wzmacniacz pomiarowy, miernik zniekształceń harmonicznych/ nie wznosił większych zniekształceń niż 0,3%. Badanie wielkości zniekształceń harmonicznych aparatu słuchowego wykonuje się w układzie przedstawionym na rys. 6.



Rys. 6. Układ do pomiaru zniekształceń harmoniczných aparatu słuchowego

G - generator akustyczny, W1 - wejściowy wzmacniacz pomiarowy, W2 - wyjściowy wzmacniacz pomiarowy, Sł - słuchowka aparatu, AS - aparat słuchowy, SV - sztuczne ucho, M1, M2 - mikrofony pomiarowe, Gł - głośnik

Do pomiaru całkowitych zniekształceń harmoniczných wykorzystuje się miernik zniekształceń, natomiast do zmierzenia współczynników zawartości drugiej i trzeciej harmonicznej stosuje się w torze pomiarowym przestrajany filtr pasmoowo-przepustowy /tercjowy/. Umożliwia on wyznaczenie wartości amplitud poszczególnych składowych widma sygnału wyjściowego.

Badanie zniekształceń harmoniczných aparatów słuchowych bez automatycznej regulacji wzmacnienia /ARW/, wykonuje się dla stałego wejściowego poziomu ciśnienia akustycznego $L_k = 60$ dB i dla trzech częstotliwości sygnału pomiarowego 400, 1000 i 1500 Hz. Poziom wyjściowy aparatu ustawia się regulatorem wzmacnienia skokowo, co 10 dB od wartości 80 dB do maksymalnego osiąganego poziomu ciśnienia akustycznego.

Natomiast pomiar zniekształceń harmonicznych aparatów z ARN wykonuje się tylko dla sygnału pomiarowego o częstotliwości 1000 Hz i przy poziomach wejściowych 50, 60, 70, 80, 90 dB. Regulator wzmacnienia aparatu powinien być ustawiony w skrajnej pozycji. Wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego /w sztucznym uchu/, przy którym całkowite zniekształcenia harmoniczne osiągną wartość 10%, jest określanym jako znamionowy, maksymalny poziom ciśnienia akustycznego. Całkowite zniekształcenia harmoniczne mierzonego aparatu słuchowego, nie powinny przekraczać wartości, którą producent przewiduje dla danego typu.

4.6. Szumy własne aparatu słuchowego

Szum akustyczny stanowi niepożądany efekt, towarzyszący działaniu różnych urządzeń elektroakustycznych, w tym i aparatów słuchowych. Źródła szumów własnych aparatu tkwią w podzespołach elektronicznych /biernych, czynnych/, z których zbudowany jest układ.

Pomiar poziomu szumów własnych aparatu słuchowego wykonuje się, przy bazowym ustawieniu regulatora wzmacnienia /patrz pkt. 4.1.2/, miernikiem poziomu ciśnienia akustycznego wykorzystując krzywą korekcyjną A.

Norma amerykańska ANSI S3.22-1976 proponuje pomiar równoważnego wejściowego poziomu szumów. Procedura tego badania jest następująca. Przy regulatorze wzmacnienia ustawionym w pozycji wzmacnienia bazowego $A = 40$ dB dla 1000 Hz/ i poziomie wejściowym sygnału pomiarowego we wnęce sztucznego ucha dla częstotliwości 1000, 1600, 2500 Hz i określa się wartość średnią L_{ar} .

Po wyłączeniu źródła dźwięku mierzy się wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego spowodowany szumem własnym aparatu słuchowego L_2 . Równoważny wejściowy poziom szumu aparatu słuchowego jest określany wzorem

$$L_n = L_2 - (L_{ar} - 60) \text{ dB} \quad /5/$$

gdzie: L_2 - wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu /w dB/,

L_{ar} - średni wyjściowy poziom ciśnienia akustycznego dla sygnałów o częstotliwościach 1000, 1600, 2500 Hz.

Ten sposób pomiaru szumów własnych jest zalecany tylko dla aparatów słuchowych bez układu ARW.

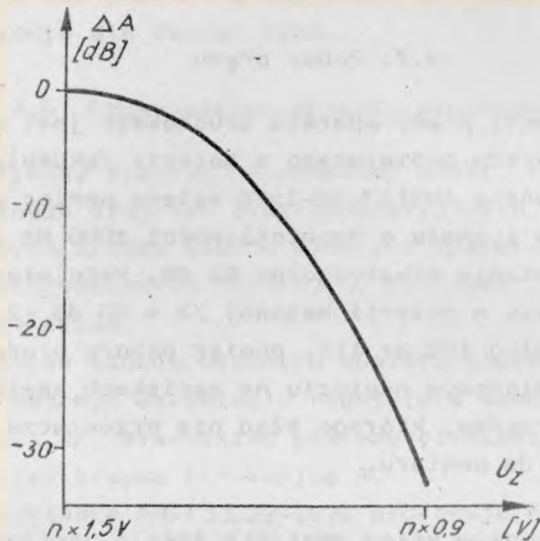
4.7. Pobór prądu

Czas aktywnej pracy aparatu słuchowego jest uzależniony od wartości prądu pobieranego z baterii /akumulatora/. Norma amerykańska ANSIS3.22-1976 zaleca pomiar poboru prądu z baterii dla sygnału o częstotliwości 1000 Hz i wejściowym poziomie ciśnienia akustycznego 65 dB. Regulator wzmocnienia ustawia się w pozycji bazowej /A = 40 dB \pm 2 dB dla 1000 Hz/. Według IEC nr 118, pomiar poboru prądu wykonuje się przy znamionowym napięciu na zaciskach zasilających aparatu przyrządem, którego błąd nie przekracza 2% w części skali użytej do pomiaru.

4.8. Wpływ zmian napięcia źródła zasilania na wzmocnienie akustyczne

Ze względu na to, że źródło zasilania /bateria, akumulator/ zmienia swoje parametry /napięcie, rezystancja wewnętrzna/ w czasie aktywnej pracy aparatu słuchowego, należy liczyć się z faktem, że aparat może zmieniać swoje właściwości techniczne i akustyczne. Zalecenia IEC nr 118 proponują pomiar zależności określającej wpływ zmian napięcia zasilającego w zakresie $n \times 1,5 \text{ V} + n \times 0,9 \text{ V} / n$ - liczba ogniw baterii/, na wzmocnienie akustyczne aparatu słuchowego. Badanie to wykonuje się w układzie przedstawionym na rys. 2. Po ustaleniu wejściowego poziomu ciśnienia akustycznego $L_k = 60 \text{ dB}$ i czę-

stotliwości 1000 Hz, regulator wzmacnienia ustawia się w pozycji bazowej. Po dokonaniu tych operacji mierzy się zmiany poziomu ciśnienia akustycznego w sztucznym uchu pod wpływem zmian napięcia zasilającego, a stąd wynikają zmiany wzmacnienia akustycznego aparatu w tych warunkach. Opisaną procedurę badań powtarza się przy skrajnym ustawieniu regulatora wzmacnienia. Wyniki przedstawia się na wykresie $\Delta A = F/U_z$ - rys. 7.



Rys. 7. Przykładowa zależność wpływu zmian napięcia zasilającego na wzmacnienie akustyczne aparatu słuchowego

ΔA - odchylenie wzmacnienia akustycznego przy danym napięciu zasilania od wzmacnienia przy nominalnej wartości napięcia zasilającego / $n \times 1,5 V$ / w dB U_z - napięcie zasilające w V

Interesującym pomiarem wydaje się być zbadanie wpływu zmiany źródła zasilania /bateria, akumulator, zasilacz/ na wzmacnienie akustyczne aparatu. Jeśli przy zastosowaniu kolejno różnych źródeł zasilania wyniki nie będą się istotnie

różnić od dalszych pomiarów, można użyć jednego źródła. Najwygodniejszym jest zasilacz stabilizowany ze względu na możliwość płynnej i szybkiej regulacji napięcia zasilającego.

W czasie aktywnej pracy aparatu słuchowego źródło zasilania zmienia napięcie oraz swoją oporność wewnętrzną. Badanie wpływu zmiany oporności wewnętrznej na wzmocnienie akustyczne aparatu słuchowego jest analogiczne, jak pomiar rozważany w niniejszym punkcie.

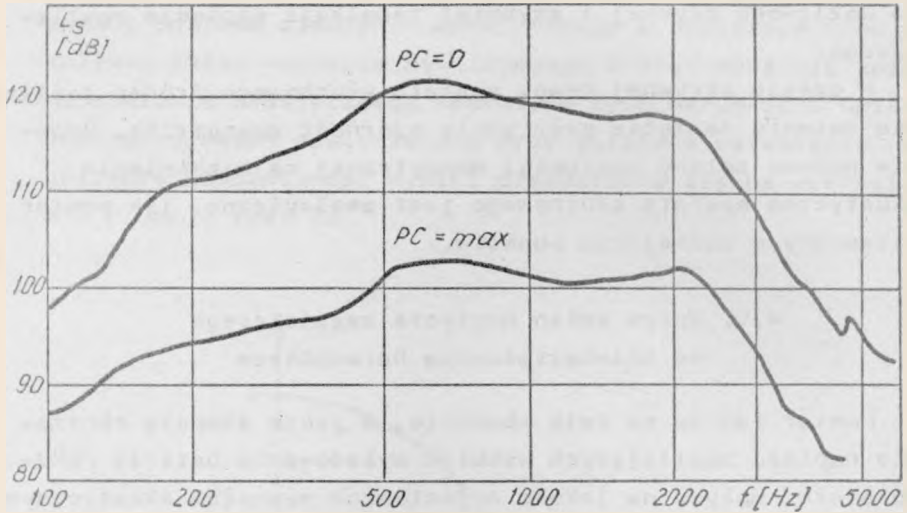
4.9. Wpływ zmian napięcia zasilającego na zniekształcenia harmoniczne

Pomiar ten ma na celu zbadanie, w jakim stopniu obniżenie napięcia zasilających wskutek wyładowania baterii /akumulatora/ wpływa na jakość wyjściowych sygnałów akustycznych pod względem zniekształceń harmonicznych. Sposób pomiaru współczynników zawartości harmonicznych jest identyczny jak opisany w punkcie 4.5.

4.10. Badanie działania układu ograniczającego PC /"peak clipping"/

Nowoczesne aparaty słuchowe różnych typów są wyposażone w układ ograniczający PC, który powoduje, że dźwięki na wejściu aparatu o zbyt wysokich poziomach są redukowane do pewnego określonego poziomu, przez co, nie są przykre w odbiorze.

Badanie działania układu PC polega na rejestracji charakterystyk maksymalnego poziomu ciśnienia akustycznego /pkt. 4.2/ kolejno przy wyłączonym i włączonym układzie ograniczającym. Miarą skuteczności działania układu jest różnica poziomów pomiędzy obiema charakterystykami dla częstotliwości 1000 Hz - rys. 8.

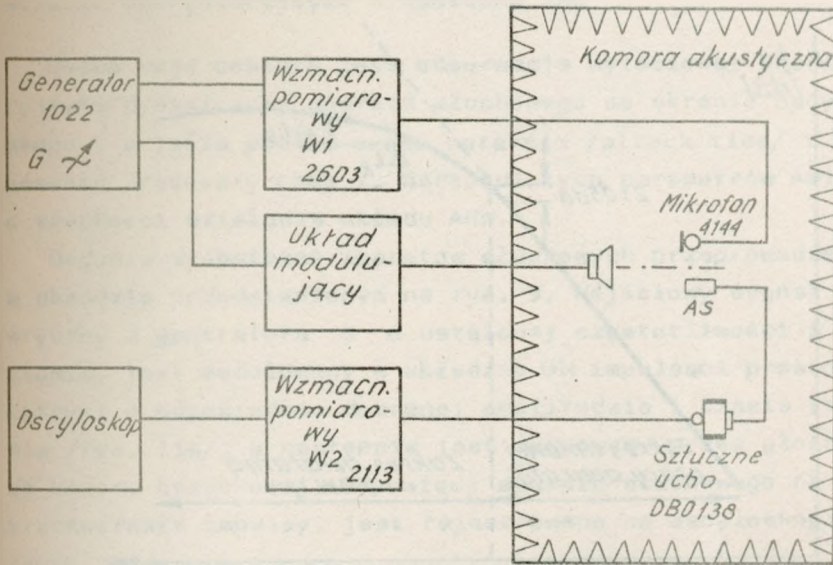


Rys. 8. Przykład działania układu ograniczającego PC w aparacie słuchowym

Jak widać, układ PC powoduje wyraźne obniżenie wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego aparatu słuchowego, prawie równomiernie w całym przenoszonym paśmie.

4.11. Badanie działania układu automatycznej regulacji wzmocnienia /ARW/

Nowoczesne aparaty słuchowe różnych typów posiadają układ automatycznej regulacji wzmocnienia, który przy odbiorze sygnałów o gwałtownie zmniejszającym się natężeniu, redukuje bądź zwiększa wzmocnienie aparatu, co w rezultacie zaoszczędza słuchaczowi przykrych wrażeń słuchowych. Przedstawione poniżej metody pomiarowe ARW są zgodne z publikacją IEC 118-2 a badania wykonuje się w układzie przedstawionym na rysunku 9.



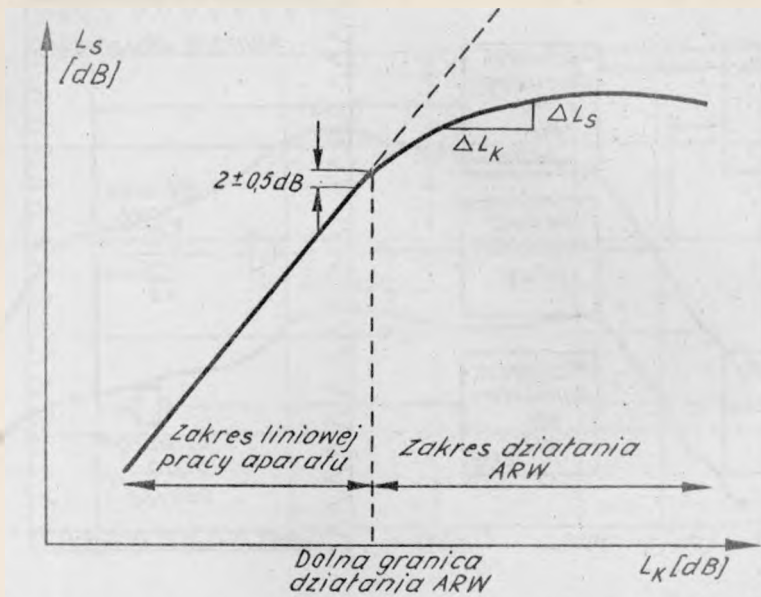
Rys. 9. Układ do pomiaru charakterystyk i parametrów dynamicznych aparatu słuchowego

4.11.1. Charakterystyka statyczna $ARW / L_s = F(L_k) /$

Pomiar charakterystyki statycznej ARW wykonuje się, w układzie przedstawionym na rysunku 2, kolejno dla dwóch położeni regulatora wzmocnienia: w pozycji bazowej $/A = 40 \text{ dB}/$ i w skrajnym położeniu.

Badanie statyczne ARW polega na pomiarze wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego L_s / w sztucznym uchu / w funkcji wzrastającego skokowo poziomu wejściowego L_k sygnału /w komorze bazochowej/ o częstotliwości 1000 Hz - rys.10.

Na wykresie tym wyróżnia się dwa obszary. Pierwszy to zakres liniowej pracy aparatu słuchowego, drugi natomiast, świadczy o działaniu układu automatycznej regulacji wzmocnienia. Punktem przełomowym jest tzw. dolna granica działania ARW , czyż taka wartość wejściowego poziomu ciśnienia akustycznego, przy której układ ARW redukuje wyjściowy poziom o $2 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$ w stosunku do liniowej części charakte-



Rys. 10. Przykładowa charakterystyka statyczna ARW

$$L_s = F(L_k)$$

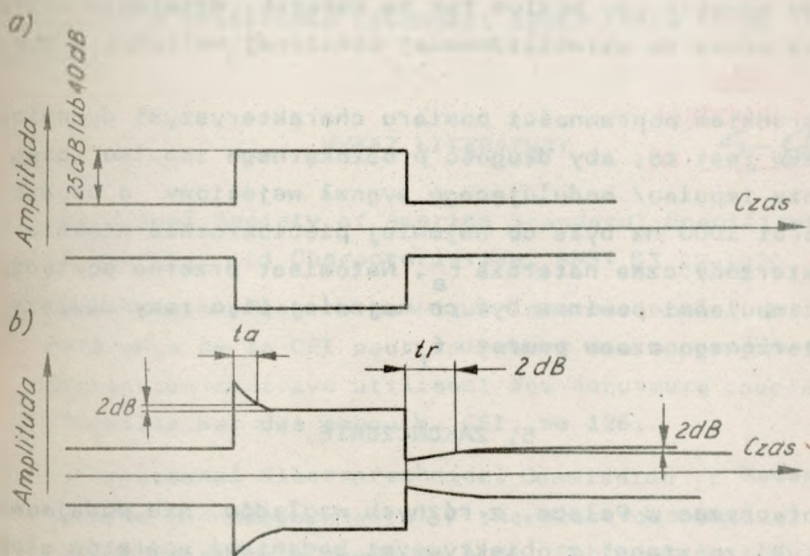
rystyki. Powyżej tej granicy zbcze rośnie wolniej przechodząc w płaski przebieg. W tym zakresie obserwuje się działanie ARW. Miarą skuteczności działania ARW jest wartość współczynnika kompresji, który określa się z charakterystyki statycznej w obszarze działania ARW. Jest on zdefiniowany jako stosunek przyrostu poziomu wejściowego do odpowiadającego mu przyrostu wyjściowego poziomu ciśnienia akustycznego - rys. 10. Im wartość tego współczynnika jest mniejsza, tym skuteczniejsze jest działanie obwodu ARW w aparacie słuchowym.

W niektórych typach aparatów spotyka się regulację skuteczności działania ARW i płynną i skokową. Dlatego celowy jest pomiar charakterystyk statycznych w różnych pozycjach regulatora ARW.

4.11.2. Charakterystyka dynamiczna ARW

Celem tego pomiaru jest obserwacja wyjściowej charakterystyki dynamicznej aparatu słuchowego na ekranie oscyloskopu, a także pomiar czasu narzęcia /attack time/ i czasu powrotu /recovery time/. Wartości tych parametrów świadczą o szybkości działania układu ARW.

Badanie dynamiczne aparatów słuchowych przeprowadza się w układzie przedstawionym na rys. 9. Wejściowy sygnał akustyczny z generatora G o ustalonej częstotliwości i poziomie, jest modulowany w układzie UM impulsami prostokątnymi o odpowiednio dobranej amplitudzie i czasie trwania /rys. 11a/, a następnie jest emitowany przez głośnik do komory bezchowej. Odpowiedź aparatu słuchowego na te krótkotrwałe impulsy, jest rejestrowana na oscyloskopie OS /rys. 11b/.



Rys. 11. Dynamiczne sygnały akustyczne

- a/ wejściowy przebieg pomiarowy /impulsowy/,
 b/ dynamiczna odpowiedź impulsowa aparatu słuchowego.

W czasie pomiaru regulatory wzmacnienia i ARW są w pozycjach maksymalnych. Zazwyczaj mierzy się charakterystyki dynamiczne dla poziomów mowy /skok wejściowego poziomu sygnału 1000 Hz wynosi 25 dB/ i dla wysokich poziomów wejściowych /skok poziomu wejściowego wynosi 40 dB/, - rys. 11a.

Z dynamicznej odpowiedzi impulsowej /charakterystyki dynamicznej ARW/ można wyznaczyć czas natarcia t_a i czas powrotu t_r .

Czas natarcia t_a /attack time/ jest przedziałem czasu pomiędzy momentem, gdy nagle wzrasta wejściowy sygnał do ustalonego poziomu, a z chwilą, gdy wejściowy poziom spada do wartości 2 dB ponad ustabilizowany poziom - rys. 11b.

Czas powrotu t_r /recovery time/ jest to odcinek czasowy pomiędzy chwilą, gdy poziom sygnału wejściowego nagle maleje, do momentu gdy poziom ten na wskutek, działania obwodu ARW wzrośnie do ustabilizowanej obniżonej wartości - rys. 11b.

Warunkiem poprawności pomiaru charakterystyki dynamicznej ARW jest to, aby długość prostokątnego impulsu /czas trwania impulsu/ modulującego sygnał wejściowy o częstotliwości 1000 Hz była co najmniej pięciokrotnie większa niż mierzony czas natarcia t_a . Natomiast przerwa pomiędzy tymi impulsami powinna być co najmniej pięć razy dłuższa od mierzonego czasu powrotu t_r .

5. ZAKOŃCZENIE

Dotychczas w Polsce, z różnych względów, nie podejmowano tematyki związanej z obiektywnymi badaniami aparatów słuchowych. Zagadnienia te zostały opracowane w Instytucie Łączności, gdzie uruchomiono stanowisko pomiarowe do elektroakustycznych badań aparatów słuch. /ch.

Obecnie na świecie znanych jest i stosowanych, wiele systemów pomiarowych parametrów elektroakustycznych aparatów słuchowych, nie wyłączając również technik komputerowych.

W niniejszym artykule ograniczono się, do przedstawienia tylko jednego systemu pomiarowego zalecanego przez IEC 118 i ANSI S3.22-1976, w ramach którego omówiono układy i metody badań parametrów i charakterystyk elektroakustycznych aparatów słuchowych, opartych na przewodnictwie powietrznym i wykorzystujących "wejście mikrofonowe". Nie rozważano natomiast zagadnień dotyczących pomiaru parametrów pętli indukcyjnej aparatu słuchowego, sposobów sprzężenia aparatów słuchowych z "cewką telefoniczną" do odbiorników telefonicznych, pomiarów pól magnetycznych wytwarzanych przez aparat słuchowy i telefoniczny. Odrębnego omówienia wymaga również metodyka badań aparatów słuchowych działających na zasadzie przewodnictwa kostnego. Aktualnie w Instytucie Łączności zagadnienia te są opracowywane.

WYKAZ LITERATURY

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-9446

1. Acoustical Society of America Standard: Specification of Hearing Aid Characteristics. ANSI S3.22-1976.
2. Commission Electrotechnique Internationale: Coupler de reference de la CEI pour la mesure des appareils de correction auditive utilisant des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts. CEI, No 126.
3. International Electrotechnical Commission i Recommended methods for measurements of the electroacoustical characteristics of hearing aids. Publication IEC, No 118.

4. International Electrotechnical Commission: Methods of measurement of electro-acoustical characteristics of hearing aids. Part 2: Hearing aids with automatic gain control circuits. Publication IEC, No 118-2
5. Sereda J: Pomiary w elektroakustyce. WKŁ, Warszawa 1981.

Biblioteka

IL

S-9446