

Słuchawki Hi-Fi

Rozwój konstrukcyjny słuchawki elektromagnetycznej z membraną stalową jest ściśle związany z historią telefonii. Słuchawki elektromagnetyczne znalazły również zastosowanie w radiofonii, w pierwszych latach jej rozwoju, głównie jako przetwornik elektroakustyczny współpracujący z radiofonicznymi odbiornikami detektorowymi („kryształkowymi”). Głównymi ich zaletami były: duża czułość, wielka impedancja dobrze „dopasowana” do współpracy z lampą wyjściową małej mocy lub układem odbiornika detektorowego oraz prostota konstrukcji i związana z tym względnie niska cena. Kardynalnym niedostatkim słuchawek elektromagnetycznych są kiepskie parametry jakościowe: wąskie pasmo przetwarzanych częstotliwości i wielkie zniekształcenia nieliniowe.

Pomysł słuchawki dynamicznej (magnetoelektrycznej) z cewką poruszającą się w polu magnesu trwałego zrodził się dawno, bowiem odpowiedni patent firmy Siemens pochodzi z 1877 r. Brak zapotrzebowania na słuchawki tego rodzaju spowodował, że pomysł nie owocował praktycznie aż do czasu rozwinięcia się techniki Hi-Fi, jeśli nie liczyć bardzo małej ilości słuchawek dynamicznych produkowanych dla potrzeb profesjonalnych.

W latach 50-tych wraz z rozwojem techniki Hi-Fi pojawiło się masowe zapotrzebowanie na słuchawki wysokiej jakości wykorzystywane bezpośrednio do odsłuchu audycji, bądź służące jako urządzenie pomocnicze do kontroli audycji przy jej zapisywaniu na taśmie magnetofonowej. Obok słuchawek dynamicznych pojawiły się elektrostatyczne słuchawki Hi-Fi (w klasie słuchawek najdroższych o najlepszych parametrach jakościowych). Stanowią one jednak niewielki procent wytwarzanych słuchawek.

Do najbardziej znanych producentów słuchawek należą: w Europie – AKG, Bayer, Sennheiser, w USA – Koss, w Japonii – Pioneer.

W kraju Zakłady Tonsil wytwarzają dobre słuchawki nagłowne trzech typów: SN50, SN60 i SN62.

Główne zalety, które przyczyniły się do rozpowszechnienia odsłuchu słuchawkowego są następujące:

- bardzo dobre przetwarzanie szerokiego pasma częstotliwości, a szczególnie znakomite przetwarzanie najmniejszych częstotliwości (basów),
- możliwość słuchania przy wysokim poziomie głośności bez przeszkadzania sąsiadom i członkom rodziny,

- możliwość indywidualnego słuchania muzyki bez względu na warunki mieszkaniowe i zajęcia pozostałych domowników, przy wysokim stopniu „wyłączenia się” z otaczającego środowiska,

- mała moc wyjściowa wzmacniaczy niezbędna do zasilania słuchawek, a więc i możliwość zmniejszenia wysokości wydatków na nabycie zestawu elektroakustycznego.

Do wad odsłuchu słuchawkowego należy zaliczyć:

- zauważalne nieprawidłowości w lokalizacji pozornych źródeł dźwięku i perspektywie akustycznej, występujące podczas odsłuchu audycji przeznaczonych do „normalnego” odtwarzania głośnikowego (przy odsłuchu specjalnych nagrań wykonanych przy zastosowaniu mikrofonów umieszczonych w „sztucznej głowie” efekt jest znakomity, lepszy niż uzyskiwany za pomocą dobrych głośnikowych instalacji stereofonicznych),

- ucisk odczuwany przy dłuższym korzystaniu ze słuchawek niezbyt lekkich,

- ograniczenie ruchów spowodowane sznurem łączącym słuchawki z aparaturą.

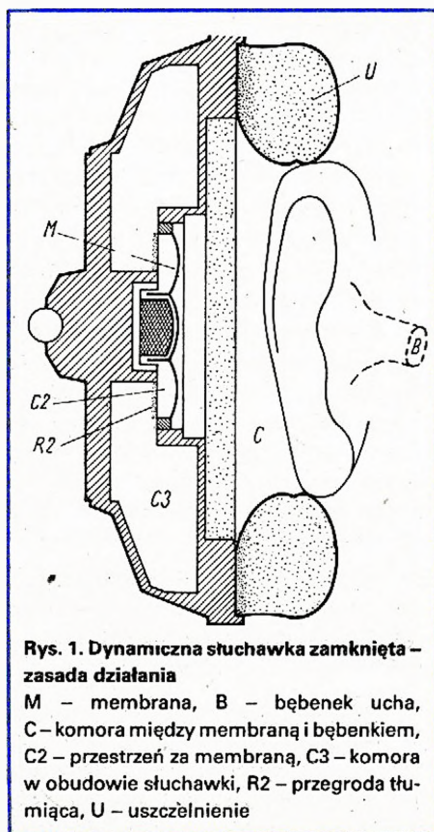
SŁUCHAWKI ZAMKNIĘTE

Większość wytwarzanych słuchawek dynamicznych należy do rodzaju tzw. słuchawek zamkniętych. Na rysunku 1 przedstawiono przekrój dynamicznej słuchawki zamkniętej i schemat ucha z bębenkiem. Jeżeli założymy, że muszla słuchawki

z uszczelnieniem (U) przylega dobrze do głowy słuchacza, to cały układ można uznać za zamknięty. Z jednej strony membrany znajduje się wypełniona powietrzem przestrzeń C2 i połączona z nią przez przegrodę tłumiącą R2, komora C3. Z drugiej strony membrany znajduje się przestrzeń C zamknięta bębenkiem ucha (B). Przy zasilaniu słuchawki sygnałem o stałym napięciu i zmianie częstotliwości, przy częstotliwości około 4 kHz następuje zmiana warunków działania układu akustycznego. Przy małych i średnich częstotliwościach (gdy długość fali akustycznej wynosi od 17 m do 8...10 cm) wymiary komory C są małe w stosunku do długości fali i działa ona jako ciśnieniowa komora sprzęgająca membranę M z bębenkiem B. Przy wielkich częstotliwościach akustycznych w komorze C pojawiają się zjawiska związane z falowym rozprzestrzenianiem się drgań membrany (gdy odległość bębna B od membrany M jest większa od 1/4 długości fali). Wraz z opisaną wyżej zmianą warunków przenoszenia energii między membranę i bębenkiem następuje również zmiana warunków roboczych samej słuchawki jako przetwornika elektroakustycznego. W zakresie pierwszym słuchawkę należy rozpatrywać jako przetwornik pracujący między dwiema małymi zamkniętymi komorami (C i C3). W zakresie drugim słuchawkę można w uproszczeniu porównać do zespołu głośnikowego w obudowie zamkniętej pracującej w zakresie wielkich częstotliwości.

Parametry słuchawki zamkniętej zależą głównie od: masy membrany wraz z cewką i podatności jej zawieszenia, objętości komory C3 i charakterystyki przegrody tłumiącej R2 (lub inaczej rozwiązanej konstrukcyjnie tłumienia membrany M). Jest oczywiste, że niedokładne przyleganie słuchawek do głowy słuchacza i spowodowane tym pojawienie się szczeliny w komorze C zmienia warunki pracy słuchawki. Szczelina bocznikuje układ powodując straty objawiające się znacznym pogorszeniem przetwarzania najmniejszych częstotliwości akustycznych. Ta zależność parametrów charakterystyki przenoszenia słuchawki od szczelności jej przylegania do ucha słuchacza (mają na to wpływ: kształt małżowiny usznej, włosy, wielkość i kształt głowy oraz rozmiary i właściwości mechaniczne słuchawek) jest największym niedostatkim słuchawek zamkniętych. Dodatkową wadą jest sprzyjanie poceniu się uszu, wobec zupełnego szczelnego ich osłonięcia muszlą słuchawki.

Zaletą słuchawek zamkniętych jest dobre oddzielanie od szumów i hałasów otocze-



Rys. 1. Dynamiczna słuchawka zamknięta – zasada działania
M – membrana, B – bębenek ucha, C – komora między membraną i bębenkiem, C2 – przestrzeń za membraną, C3 – komora w obudowie słuchawki, R2 – przegroda tłumiąca, U – uszczelnienie

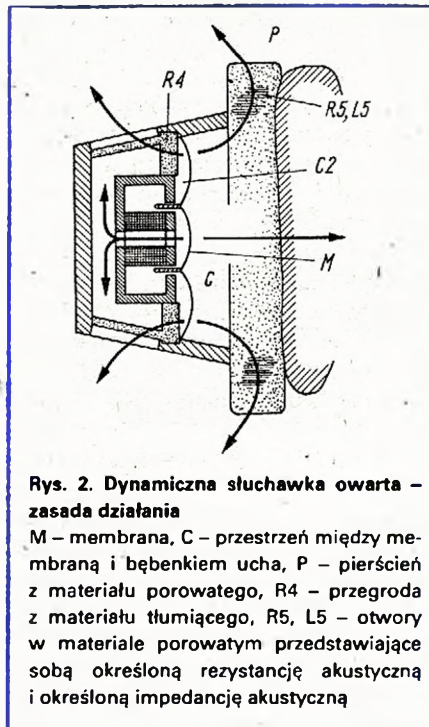
nia. Pomiary laboratoryjne wykazały, że tłumienie przesłuchu dźwięków niepożądaných wynosi, zależnie od producenta i typu, co najmniej 13...20 dB. Drugą zaletą jest znakomite przetwarzanie najmniejszych nawet częstotliwości akustycznych od kilkunastu herców poczynając, bowiem sama zasada ich działania polegająca na sprzężeniu pneumatycznym membrany z bębenkiem ucha sprzyja wysokiej sprawności przetwarzania tych częstotliwości, przy małych zniekształceniach nieliniowych.

SŁUCHAWKI OTWARTE

Słuchawki otwarte można porównać do małych głośników umieszczonych blisko uszu. Słuchawki otwarte mają kilka bezspornych zalet, jak:

- względnie małą zależność charakterystyki przenoszenia od szczelności ich przylegania do małżowiny usznej słuchacza,
- zapewniają lepszą wentylację ucha w czasie odsłuchu,
- nie powodują uczucia „oddzielenia” od otaczającego środowiska, co jest psychologicznie korzystne, o ile nie zachodzi konieczność silnego stłumienia szumów i hałasów,
- możliwe jest skonstruowanie słuchawek lekkich (70...170 g).

Na rysunku 2 przedstawiono zasadę rozwiązania konstrukcyjnego słuchawek otwartych. Tylna strona membrany M nie jest zamknięta odpowiednią komorą, lecz łączy się z wolną przestrzenią przez przegrodę tłumiącą R4. Przednia strona membrany promieniuje w kierunku otworu usznego. Między obudową słuchawki i małżowiną uszną znajduje się pierścień P między membraną i uchem i masy akustycznej L5 (rezonans Helmholtza). Z tych względów własności materiału, z którego jest wykonany ten pierścień i jego rozmiary są bardzo krytyczne. Wytwarzane są również słuchawki otwarte o innej konstrukcji, a mianowicie: muszla słuchawki z pierścieniem uszczelniającym jest rozwiązana podobnie jak w słuchawkach zamkniętych, a odpowiednie połączenie przestrzeni przysusznej z otoczeniem zapewniają otwory rozmieszczone po zewnętrznej stronie muszli słuchawki, przesłonięte odpowiednim materiałem porowatym. Na rysunku 3a przedstawiono przekrój słuchawki skonstruowanej wg wspomnianej nieco odmiennej zasady, którą to słuchawkę można nazwać „półotwartą”. Na rysunku są zaznaczone elementy układu akustycznego słuchawek znane już częściowo z wyżej zamieszczonych opisów. Na rysunku 3b jest przedstawiony uproszczony zastępczy układ słuchawki



Rys. 2. Dynamiczna słuchawka otwarta – zasada działania
M – membrana, C – przestrzeń między membraną i bębenkiem ucha, P – pierścień z materiału porowatego, R4 – przegroda z materiału tłumiącego, R5, L5 – otwory w materiale porowatym przedstawiające sobą określoną rezystancję akustyczną i określoną impedancję akustyczną

zbyt duża, co nie sprzyjałoby dobremu przetwarzaniu wielkich częstotliwości akustycznych, zawieszenie układu drgającego powinno być bardzo miękkie (wielka wartość podatności zawieszenia). W niektórych rozwiązaniach uzyskuje się to przez zawieszenie układu drgającego na resorze o kształcie promieniście rozchodzących się pasków, przy czym zewnętrzne obrzeże membrany jest w zasadzie swobodne.

Porowaty pierścień (krążek) znajdujący się między słuchawką właściwą i małżowiną uszną powinien spełniać jeszcze jedną funkcję – tłumić rezonans układu akustycznego utworzonego z przestrzeni między membraną i uchem i masy akustycznej L5 (rezonans Helmholtza). Z tych względów własności materiału, z którego jest wykonany ten pierścień i jego rozmiary są bardzo krytyczne.

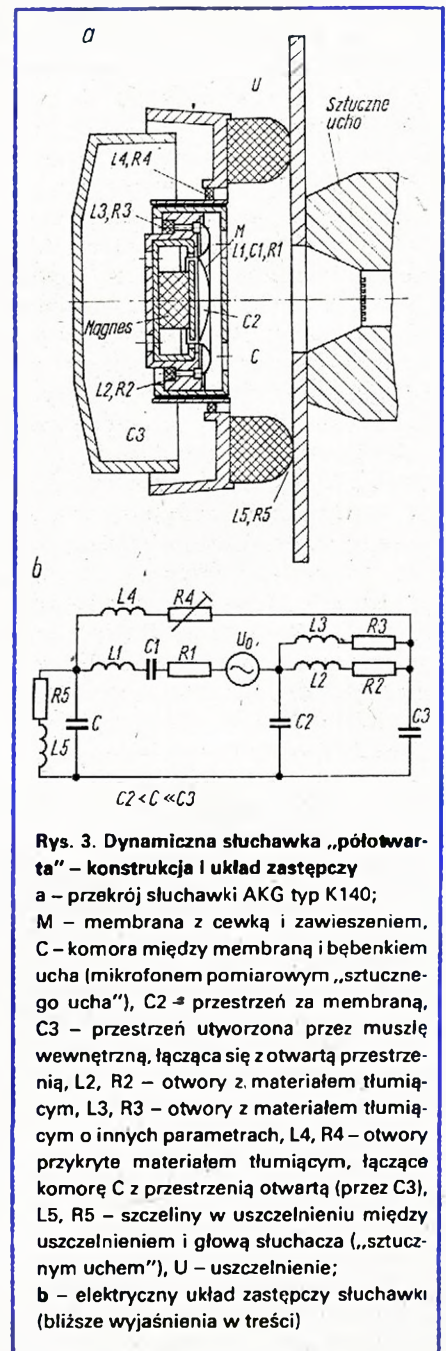
Wytwarzane są również słuchawki otwarte o innej konstrukcji, a mianowicie: muszla słuchawki z pierścieniem uszczelniającym jest rozwiązana podobnie jak w słuchawkach zamkniętych, a odpowiednie połączenie przestrzeni przysusznej z otoczeniem zapewniają otwory rozmieszczone po zewnętrznej stronie muszli słuchawki, przesłonięte odpowiednim materiałem porowatym.

Na rysunku 3a przedstawiono przekrój słuchawki skonstruowanej wg wspomnianej nieco odmiennej zasady, którą to słuchawkę można nazwać „półotwartą”.

Na rysunku są zaznaczone elementy układu akustycznego słuchawek znane już częściowo z wyżej zamieszczonych opisów. Na rysunku 3b jest przedstawiony uproszczony zastępczy układ słuchawki

z rys. 3a, który warto zanalizować nieco dokładniej.

Parametry L1, C1 i R1 odnoszą się do układu drgającego słuchawki (masa, podatność zawieszenia i straty w zawieszeniu). Wielkość C reprezentuje podatność akustyczną przestrzeni między membraną i bębenkiem ucha. Napięcie wytwarzane przez źródło U_0 na tej pojemności układu zastępczego odpowiada ciśnieniu akustycznemu wytwarzanemu w przewodzie słuchowym i na powierzchni bębniaka ucha. L5 i R5 odpowiadają nieszczelnościom między słuchawką i uchem. Znaczna szczelina będzie odpowiadała małej wartości L5 i bardzo małej wartości R5. Łatwo zauważyć, że bocznikują one wartość C i wpływają w istotny sposób na przenoszenie energii i parametry układu. I tak: C2 odpowiada podatności prze-



Rys. 3. Dynamiczna słuchawka „półotwarta” – konstrukcja i układ zastępczy
a – przekrój słuchawki AKG typ K140; M – membrana z cewką i zawieszeniem, C – komora między membraną i bębenkiem ucha (mikrofonem pomiarowym „sztucznego ucha”), C2 – przestrzeń za membraną, C3 – przestrzeń utworzona przez muszlę wewnętrzną, łącząca się z otwartą przestrzenią, L2, R2 – otwory z materiałem tłumiącym o innych parametrach, L3, R3 – otwory przykryte materiałem tłumiącym, łączące komorę C z przestrzenią otwartą (przez C3), L5, R5 – szczeliny w uszczelnieniu między uszczelnieniem i głową słuchacza („sztucznym uchem”), U – uszczelnienie;
b – elektryczny układ zastępczy słuchawki (bliższe wyjaśnienia w treści)

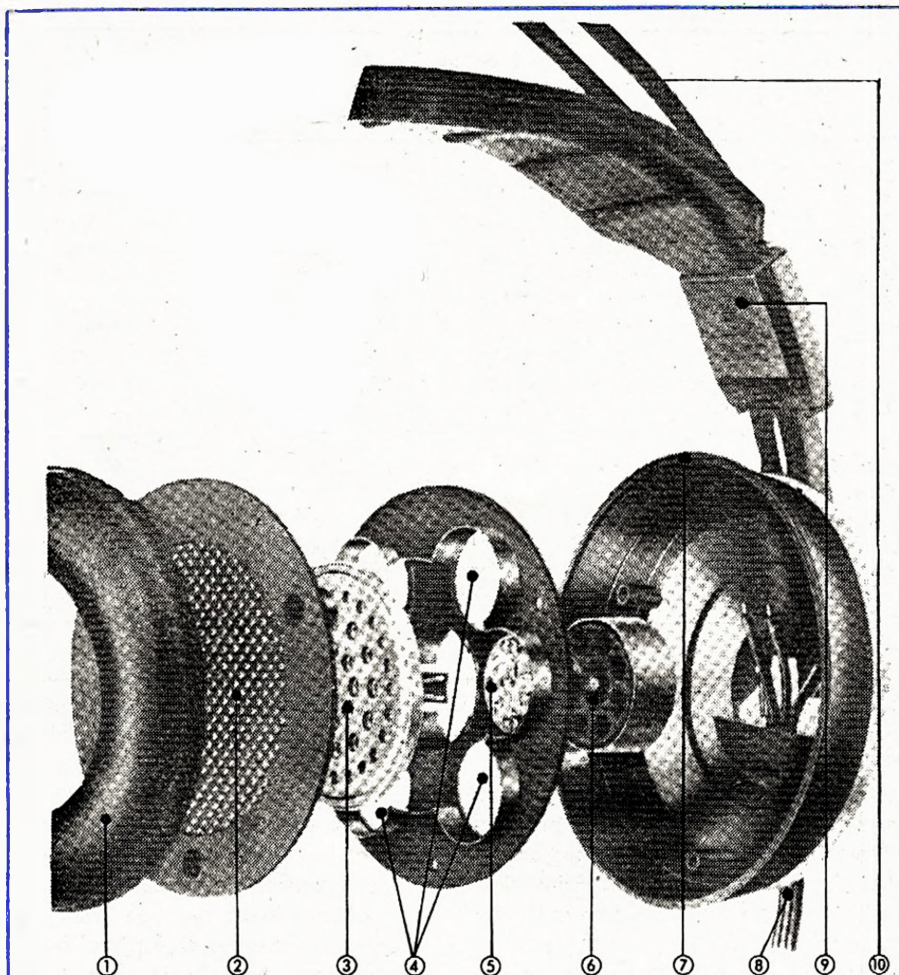
strzeni powietrznej za membraną, L2 odpowiada masie akustycznej, a R2 rezystancji akustycznej otworów łączących przestrzeń za membraną z przestrzenią ograniczoną muszlą wewnętrzną (C3). Otwory te są przesłonięte materiałem tłumiącym. L2 ma małą wartość, a R2 względnie wielką wartość. C2 i L2 mają względnie małe wartości i można przyjąć, że w zakresie małych i średnich częstotliwości główną rolę gra rezystancja R2 (rezystancja akustyczna powodująca tłumienie drgań membrany). Dodatkowo wprowadzono elementy L3, R3 w celu pewnego polepszenia działania słuchawki w zakresie najmniejszych częstotliwości. L3 ma względnie wielką wartość, a R3 małą, co powoduje, że przy najmniejszych częstotliwościach elementy L2, R2 zostają zbocznikowane. Wreszcie L4, R4 odpowiadają otworom z materiałem tłumiącym, łączącym komorę przysuszną (C) z przestrzenią ograniczoną muszlą wewnętrzną i z otoczeniem.

We wcześniej opisanej słuchawce otwartej sprężenie jej z otoczeniem następowało przez porowaty pierścień. W związku z czym wartość tego sprężenia była zależna od siły docisku słuchawki do ucha oraz mogła się zmieniać w miarę starzenia się materiału. W opisanym rozwiązaniu uniezależniono się od tych zmiennych, bowiem otwory mają ściśle określone rozmiary, a przesłaniający je materiał tłumiący nie jest narażony na ściskanie, zabrudzenie, działanie potu itd., co zapewnia zachowanie założonych jego parametrów przez długi czas.

W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych, zmierzając do uzyskania jak najlepszych parametrów elektroakustycznych, próbuje się połączyć odpowiednio zalety słuchawek zamkniętych i otwartych. Polega to przeważnie na takim doborze otworów (kanałów) łączących przestrzeń przysuszną z otoczeniem i przykrywającego je materiału tłumiącego, że w zakresie najmniejszych częstotliwości akustycznych słuchawka działa jak zamknięta. Przy nieco większych częstotliwościach zaznacza się już wpływ otworów i słuchawka staje się półotwartą bądź otwartą.

Na rysunku 4 przedstawiono strukturę wewnętrzną słuchawki, która może być zaliczona do tej grupy. Jest to słuchawka bardzo wysokiej klasy zawierająca dwa przetworniki. W zakresie małych częstotliwości działa przetwornik dynamiczny, a w zakresie częstotliwości pośrednich i wielkich – przetwornik elektrostatyczny (elektretowy).

Tłumienie przesłuchu szumów i hałasów środowiska w przypadku słuchawek otwartych jest bardzo małe w zakresie małych i pośrednich częstotliwości (przy częstotliwości 1000 Hz 0...1 dB) i znaczne,



Rys. 4. Struktura dwusystemowej słuchawki Hi-Fi (AKG typ K340)

1 – uszczelnienie muszli, 2 – osłona perforowana, 3 – przetwornik elektrostatyczny (elektretowy), 4 – otwory, w których umieszczone są „membrany bierne” o tak dobranych parametrach, że przy bardzo małych częstotliwościach słuchawka działa jako zamknięta, a przy średnich i wielkich – jako otwarta, 5 – transformator do przetwornika elektrostatycznego, 6 – przetwornik dynamiczny, 7 – obudowa, 8 – sznur połączeniowy, 9 – urządzenie ąretujące do ustalania położenia słuchawek, 10 – patyk stalowy

bądź duże przy częstotliwościach większych i wielkich (przy 4000 Hz 10...35 dB zależnie od typu i producenta). Założenie takich słuchawek wywołuje wrażenie zmiany barwy dźwięków napływających z zewnątrz.

NIKTÓRE PROBLEMY KONSTRUKCYJNE

Poważne trudności konstrukcyjne sprawia problem zapewnienia szczelnego przylegania słuchawek. W wielu rozwiązaniach, szczególnie droższych słuchawek zamkniętych, stosuje się wielkie muszle obejmujące całą małżowinę uszną. Wałek uszczelniający opiera się w takim przypadku o powierzchnię głowy. Wałki uszczelniające, które powinny być odpowiednio miękkie, bywają wypełnione specjalnym materiałem gąbczastym, wypełnione płynem, bądź tzw. pneumatyczne. Sprężysty kabłąk wraz z przewodnicami powinien umożliwić wygodne osadzenie słuchawek na głowie przy właściwym

usytuowaniu muszli względem małżowin usznych i wlotów przewodu słuchowego. Wygoda noszenia słuchawek jest ważnym ich parametrem i konstruktorzy różnych firm prześcigają się w zastosowaniu różnych, coraz to doskonalszych rozwiązań i materiałów, w granicach uwarunkowań wynikających z klasy i ceny słuchawek.

Przetwornik elektroakustyczny stanowi zwarty zespół (wkładkę) wmontowany do obudowy słuchawki, co dobrze widać na rys. 3a i 4. Ze względów konstrukcyjnych oraz wobec dążenia do zmniejszenia masy słuchawek, jest wysoce pożądane, aby magnes trwały miał małe rozmiary. Zazwyczaj więc stosować magnesy samarowo-kobaltowe, tj. najlepsze, jakie zna współczesna technologia.

Ważną funkcję spełniają również materiały tłumiące o określonych własnościach akustycznych i dużej trwałości. Bez nich konstruowanie współczesnych słuchawek Hi-Fi nie byłoby możliwe.

Dane techniczne wybranych słuchawek Hi-Fi (dynamicznych)

Producent	Typ	Rodzaj	Impedancja [Ω]	Pasma przepustowe [Hz]	Współcz. harmon. [%]	Czułość [dB] przy napięciu [V]	Obciążenie maks. [mW]	Masa [g]	Uwagi
Tonsil	SN60	zamknięte	400	16...20 000	<0,3	110-0,3	400	700	
Tonsil	SN62	"	400	20...18 000	<1	100-0,3	100	350	
Tonsil	SN50	"	400	20...20 000	-	110-1	250	250	
AKG	K170	otwarte	600	20...20 000	<1	98-1	250	175	Konstrukcja - patrz rys. 3.
Beyer	DT202	zamknięte	400	20...20 000	<1	100-0,6	100	360	
Koss	PR04AA	"	230	10...20 000	<0,4	100-1	-	580	Przy poziomie 100 dB
Koss	Tech 2	"	245	10...22 000	<0,3	100-0,7	-	450	
Koss	K6	"	100	20...18 000	<1	100-0,1	-	440	
Koss	HV2	otwarte	160	20...20 000	<0,5*	100-0,8	-	280	
Koss	HV1LC	"	130	15...22 000	<0,5*	100-1,1	-	300	Z regulatorem poziomu w każdej słuchawce
Pioneer	SE550	zamknięte	22	20...20 000	-	103-0,14	1000	300	
Pioneer	SE2	otwarte	150	20...20 000	-	99-0,4	200	250	
Sennheiser	HD224X	zamknięte	200	16...20 000	<1	100-0,9	500	250	
Sennheiser	HD414X	otwarte	2000	20...20 000	<1	100-2,8	100	135	Konstrukcja - patrz rys. 2
Sennheiser	HD424X	"	2000	16...20 000	<1	100-2,8	100	170	
Sennheiser	HD400	"	600	20...18 000	-	96-1,5	100	80	Popularne lekkie

Uwaga ogólna: dane o impedancji i obciążeniu maksymalnym dotyczą jednej słuchawki

POMIARY SŁUCHAWEK

Wbrew pozorom badanie i pomiary parametrów słuchawek przedstawiają bardzo znaczne trudności. Główną tego przyczyną jest niejednoznaczność warunków roboczych wynikająca z różnic fizjologicznych w kształcie małżowin usznych i głów słuchaczy oraz ze stopnia szczelności założonych słuchawek. Dotyczy to szczególnie słuchawek różnego rodzaju, różniących się zasadą działania, kształtem muszli i konstrukcją uszczelnienia. W związku z tym jest stosowane wyznaczenie charakterystyki częstotliwościowej słuchawek za pomocą ekspertów porównujących dźwięk słyszany w słuchawkach z takim samym dźwiękiem otrzymywanym z wzorcowego głośnika. Badanie odbywa się przeważnie w komorze akustycznej i przebiega w ten sposób, że przysłuchując się dźwiękowi płynącemu z głośnika, ekspert ustawia potencjometrem ten sam sygnał tak, aby poziom głośności w słuchawce był taki sam, jak poprzednio słyszany z głośnika (głośnik i słuchawkę włącza się na przemian). W całym pasmie akustycznym wyznacza się 15...20 punktów charakterystyki. Ze względu na różnice osobnicze, aby otrzymać wyniki zbliżone do średnich, ekspertów powinno być co najmniej kilku, wybranych spośród osób o dobrym słuchu i pewnych uzdolnieniach muzycznych. Jak wykazało doświadczenie, charakterystyka częstotliwościowa tej samej pary słuchawek jest wyznaczana przez ekspertów z rozrzutem do 10 dB. Jako wynik przyjmuje się wartości średnie. Poza tym eksperci dokonują oceny subiektywnej jakości słuchawek na podstawie odsłuchu kilkunastu różnych utworów muzycznych. Ocenie poddana zostaje również wygoda korzystania ze słuchawek danego typu.

Porównanie słuchawek różnego typu jest możliwe w zasadzie tylko opisanymi wyżej sposobami.

Obiektywny pomiar współczynnika zawartości harmonicznych i zniekształceń intermodulacyjnych przeprowadza się za pomocą urządzenia nazywanego „sztucznym uchem” (patrz rys. 3a). Własności akustyczne tego urządzenia odwzorowują własności przykrytej słuchawką małżowiny i kanału słuchowego. Bębnek zastępuje precyzyjny mikrofon pomiarowy. Za pomocą „sztucznego ucha” można łatwo porównywać charakterystyki przenoszenia słuchawek tego samego typu w odniesieniu do słuchawki przyjętej za wzorcową.

Nie nastąpiła jeszcze pełna unifikacja metod pomiaru słuchawek i poszczególne firmy posługują się własnymi mniej lub bardziej doskonałymi metodami badania słuchawek Hi-Fi.

PARAMETRY SŁUCHAWEK

Do podstawowych parametrów słuchawek należy zaliczyć impedancję i największe dopuszczalne obciążenie (wyrażone bądź maksymalną wartością napięcia, bądź doprowadzaną mocą), bowiem te dwa parametry określają źródło (wyjście wzmacniacza), z jakim mogą dane słuchawki współpracować. Spotykane najczęściej wartości impedancji słuchawek Hi-Fi (jednej słuchawki) są następujące: 20 Ω, 100...150 Ω, 200...300 Ω, 400 Ω, 600 Ω i 2000 Ω. Dopuszczalne największe obciążenie wynosi 100...500 mW. Słuchawki dynamiczne typu zamkniętego mają moc dopuszczalną 200...500 mW.

Pasma przenoszenia dla większości typów słuchawek Hi-Fi wynosi 20 Hz...20 kHz. Niektóre tańsze słuchawki mają pasmo przenoszenia od 20...30 Hz do 18 kHz, co praktycznie może być niezauważalne.

Najlepsze słuchawki typu zamkniętego mają pasmo przenoszenia 10 Hz...22 kHz. Współczynnik zawartości harmonicznych słuchawek Hi-Fi przy 1000 Hz nie może być większy od 1%. W przypadku droższych słuchawek wartość współczynnika zawartości harmonicznych jest znacznie mniejsza 0,3...0,5%.

Sprawność elektroakustyczną słuchawek określa się jako skuteczność mocową lub skuteczność napięciową przy 1000 Hz. Skuteczność mocowa jest wyrażana stosunkiem ciśnienia akustycznego, wytwarzanego w przewodzie słuchowym do pierwiastka kwadratowego z elektrycznej mocy pozornej, doprowadzanej do słuchawki. Skuteczność napięciową wyraża się stosunkiem ciśnienia akustycznego, wytwarzanego przez słuchawkę w przewodzie słuchowym, do wartości doprowadzanego do słuchawki napięcia. Oczywiście znając impedancję słuchawek można łatwo obliczyć skuteczność napięciową, znając skuteczność mocową i odwrotnie. Ponieważ do zasilania słuchawek potrzebna jest niewielka tylko moc, skuteczność mocowa jest parametrem mało nas interesującym. Większe praktyczne znaczenie ma czułość wyrażona poziomem dźwięku w decybelach (dB) i napięciem, bowiem umożliwia to łatwe zorientowanie się przy jakiej wartości napięcia poziom ciśnienia dźwięku wyniesie 94 dB lub 100 dB (wartości najczęściej podawane w katalogach), co odpowiada wielkiej głośności dźwięku.

Ostatnim z reguły podawanym w katalogach parametrem jest masa słuchawek (kompletu), najczęściej bez masy sznura. Spotyka się słuchawki o masie od 70 do 500 g.

Zasadnicze dane techniczne wybranych słuchawek nagłownych Hi-Fi są zawarte w powyższej tablicy.