

Uszy do góry, czyli krótki kurs słuchawkologii stosowanej

Najgorętszym produktem hi-fi ostatnich miesięcy są słuchawki. Wystarczy się rozejrzeć dookoła. Chodzą w nich wszyscy: starzy i młodzi, grubi i chudzi, mężczyźni, kobiety i dzieci. Praktycznie wszystkie nowoczesne telefony komórkowe odtwarzają pliki mp3 i naprawdę nie trzeba wydawać kroci, by poruszać się po mieście w otoczeniu ulubionych nagrań.

Ten trend szybko podchwycili producenci sprzętu grającego, którzy do tej pory nawet nie zwracali sobie głowy słuchawkami, np. Focal, B&W, Denon czy Marshall. Z różnym skutkiem, bo połączenie znanej audiofilskiej marki z odlotowym wzornictwem i wyśrubowaną ceną nie zawsze gwarantuje wysoką jakość brzmienia. Zanim jednak przejdziesz do testów, kilka słów o tym, czym są i skąd się wzięły słuchawki.

Pierwowzór używanych dziś słuchawek zawdzięczamy amerykańskiemu inżynierowi elektrykowi Nathanielowi Baldwinowi. Pochodził on z rodziny mormonów, która w XIX wieku osiedliła się w stanie Utah. Już w dzieciństwie wykazywał duże zdolności manualne, np. własnoręcznie zbudował rower oraz maszynę parową.

Po zdobyciu wyższego wykształcenia na Uniwersytecie Stanforda wrócił w rodzinne strony i podjął pracę w hydroelektrowni. W wolnych chwilach brał aktywny udział w życiu religijnym lokalnej społeczności. Jako że miał problemy ze zrozumieniem kazań miejscowego kaznodziei, wpadł na pomysł skonstruowania głośnika poruszanego sprężonym powietrzem. Najprawdopodobniej mamy do czynienia z zadziwiającym zbiegiem okoliczności, bowiem podobne rozwiązanie zastosował niejaki Horacy Short, którego napędzany sprężonym powietrzem głośnik był jedną z atrakcji Wystawy Światowej w Paryżu w 1900 roku. Wątpię, by Baldwin słyszał o pomysle Shorta. Stan Utah od stolicy Francji dzieliła wtedy cała epoka. Nie wiadomo też, jaka była skuteczność skonstru-

owanego przez niego głośnika. Następnym krokiem było zbudowanie pierwszych na świecie słuchawek, nazwanych pieszczotliwie Baldy Phones. Przy okazji Nathaniel zainicjował audiofilską tradycję konstruowania sprzętu grającego na kuchennym stole. Było to Roku Pańskiego 1910.

Swoim wynalazkiem Baldwin nie zdołał zainteresować żadnego przedsiębiorcy. Zwrócił za to na siebie uwagę amerykańskiej marynarki wojennej. U progu wybuchu wielkiej wojny światowej US Navy zamówiła u niego 100 kompletów słuchawek, które, jak pokazała historia, wkrótce bardzo się przydały. Lukratywny kontrakt umożliwił Baldwinowi zbudowanie fabryki z prawdziwego zdarzenia. Baldwin Radio Company w szczytowym okresie zatrudniała ponad 150 osób. Świeżo upieczony biznesmen zapomniał tylko o jednym: o opatentowaniu słuchawek. Na skutek nieprzemysłanych operacji finansowych Baldwin popadł w długi. Fabryka splajtowała, a jej założyciel trafił na dwa lata do więzienia. Po wyjściu wycofał się z życia publicznego i umarł w zapomnieniu 19 stycznia 1961 roku. W międzyczasie jego wynalazek zaczął żyć własnym życiem.

Sprężone powietrze wykorzystywane przez Baldwina nie było najwygodniejsze w użyciu, dlatego sięgnięto po inne rozwiązania. Już w 1898 roku sir Oliver Lodge opracował koncepcję głośnika dynamicznego, jednak dopiero w 1924 roku dwaj inżynierowie General Electric – Chester W. Rice i Edward W. Kellogg – skonstruowali głośnik magnetoelektryczny, złożony z elektromagnesu, cewki i membrany, przypominający współczesne modele. Producenci słuchawek czym prędzej zaczęli je montować w swoich urządzeniach.



Gwałtowny rozwój radiofonii w pierwszej połowie ubiegłego stulecia był dla słuchawek tym, czym wynalezienie pół wieku później przenośnych odtwarzaczy kasetowych. Niewielkiej mocy radioodbiorniki lampowe były wyposażane w kilka kompletów nauszników, zaś nadawane na żywo audycje gromadziły przy nich całe rodziny. Ze względu na niewielką moc nadajników oraz pierwszych odbiorników słuchawki musiały być niezwykle czułe, a emitowane przez nie dźwięki trudno było nazwać przyjemnymi. Także komfort użytkowania był daleki od ideału, więc stale rosnąca rzesza słuchaczy z ulgą powitała radia wyposażone w głośniki. Choć na kilkanaście lat słuchawki popadły w niełaskę, najlepsze dla nich czasy miały dopiero nadejść.

W trakcie II wojny światowej systematycznie udoskonalane słuchawki znalazły zastosowanie we wszystkich rodzajach wojsk. Po zakończeniu działań wojennych zostały ponownie „odkryte” przez krótkofalowców, stacje radiowe oraz studia nagraniowe. Modele z lat 50. w niczym nie przypominały swoich protoplastów sprzed dwóch dekad i wreszcie można było słuchać na nich muzyki.

Kolejne przełomowe wydarzenie to rozpoczęcie w 1961 roku nadawania audycji stereofonicznych na falach ultrakrótkich. Wraz z rewolucją w eterze pojawiła się nowa fala użytkowników i prawdziwych entuzjastów słuchawek. Ich bezpośrednimi spadkobiercami jesteśmy właśnie my, audiofile.

I tutaj dochodzimy do sedna: z czym właściwie mamy do czynienia?

Najogólniej rzecz ujmując słuchawki to przetworniki elektroakustyczne przetwarzające sygnały elektryczne na dźwiękowe, podobnie jak ma to miejsce w głośnikach. Najważniejsza różnica polega na skierowaniu fal dźwiękowych wprost do ucha słuchacza, a ściślej sprzężenie akustyczne pomiędzy słuchawkami a uchem uzyskuje się dzięki specjalnej konstrukcji przetwornika oraz otaczającej go obudowy.

Ze względu na rodzaj użytego przetwornika elektroakustycznego słuchawki dzielimy na:

Elektromagnetyczne – zawierają magnes trwałe z nabiegunkami, będącymi jednocześnie rdzeniami cewek elektromagnetycznych, oraz membranę z cienkiej blachy stalowej umieszczoną tuż nad nimi. Zmiany pola magnetycznego wywoływane przez prąd płynący przez uzwojenia cewek wprawiają stalową membranę w drga-

nia, które z kolei powodują powstanie fali akustycznej. Ze względu na wąskie pasmo przenoszenia (100 – 5000 Hz) słuchawki elektromagnetyczne najczęściej znajdują zastosowanie w urządzeniach telekomunikacyjnych, gdzie wymagana jest jedynie zrozumiała reprodukcja ludzkiej mowy.

Magnetoelektryczne (popularnie zwane dynamicznymi) – w tych słuchawkach lekka membrana z papieru, aluminium lub tworzywa sztucznego jest umocowana na elastycznym zawieszaniu i połączona z ruchomą cewką umieszczoną w szczelinie magnesu trwałego, zazwyczaj neodymowego. Podobnie jak ma to miejsce w głośnikach, przepływ prądu przez cewkę powoduje jej ruch, który jest przenoszony na membranę (kierunek zależy od kierunku prądu). Ze względu na bardzo szerokie pasmo przenoszenia (10 Hz – 30 kHz), dużą dynamikę oraz małe zniekształcenia słuchawki dynamiczne znajdują powszechne zastosowanie w urządzeniach stereofonicznych i są najpopularniejszą konstrukcją ze wszystkich dostępnych na rynku.

Odmianą przetworników dynamicznych są przetworniki **elektrodynamiczne z kotwicą zrównoważoną**. Ich prostopadłościenna obudowa kryje prostokątną membranę, układ magnetyczny z cewką oraz ramię kotwicy (armature arm), trwale połączone z membraną. Przyłożenie napięcia powoduje wychylenie ramienia zawieszonoego w zrównoważonym polu magnetycznym i tym samym wprawia w ruch membranę. Dźwięki z obudowy wydostają się przez szczelinę i krótki kanał skierowany w stronę ucha. Ze względu na niewielkie rozmiary przetworniki z kotwicą są często stosowane w słuchawkach dokanałowych. Najczęściej w jednej obudowie mieści się po jednym przetworniku

szerokopasmowym, choć część firm oferuje słuchawki dwudrożne (np. Creative Aurvana In-Ear3, Brainwavz B2), a nawet trójdrożne (Westone, Shure). Te ostatnie mają tak skomplikowaną konstrukcję, że liczenie diablów na główce szpilki jest przy nich dziecinną zabawą.

O ile 99,99 % rynku należy do słuchawek dynamicznych, za bardziej wyrafinowane uchodzą **elektrostatyczne**. Ich zasada działania jest identyczna, jak w przypadku elektrostatycznych zestawów głośnikowych. Przetworniki składają się z cieniutkiej polimerowej membrany, napyłonej tlenkami metali i umieszczonej pomiędzy dwoma blaszanymi statorami. Folia jest wstępnie spolaryzowana wysokim napięciem, natomiast do ażurowych elektrod doprowadza się ze wzmacniacza napięcie zmienne w przeciwfazie (push-pull). Wraz z pojawieniem się sygnału muzycznego pomiędzy elektrodami powstaje zmienne pole elektryczne, które, w zależności od polaryzacji, przyciąga lub odpycha membranę. Dzięki znikomym masie tej ostatniej dźwięk elektrostatów jest szybki, niezwykle detaliczny oraz wolny od zniekształceń typowych dla przetworników dynamicznych.

Choć głośnik elektrostatyczny opatentował w 1934 roku znany nam już inżynier Edward W. Kellogg, na słuchawki wykonane w tej technice trzeba było czekać aż do 1959 roku. Wtedy to na tokijskiej wystawie sprzętu elektronicznego japońska



firma Stax zademonstrowała model SR-1. Jego sukces przeszedł najsmielsze oczekiwania i rok później SR-1 trafiły do sprzedaży detalicznej.

W późniejszych latach najwięksi producenci nauszników próbowali zmierzyć się z tematem elektrostatów, jednak na placu boju pozostał Stax, który dziś jest największym na świecie producentem tego typu słuchawek. Ze względu na konieczność dostarczania do elektrostatów wysokiego napięcia słuchawki te sprzedawane są razem z dedykowanymi wzmacniaczami i, poza nielicznymi wyjątkami, nie znajdują zastosowania w sprzęcie przenośnym.

Całkowicie niezależnym księstwem na słuchawkowej mapie świata jest założona w 2006 roku amerykańska firma HiFiMan. Jej wyjątkowość polega na zastosowaniu



technologii **magnetostatycznej**, nazywanej także planarną lub ortodynamiczną. W słuchawkach wykonanych w tej technice pracują przetworniki przypominające elektrostaty. Membrany z cienkiej folii mylarowej jednostronnie pokrytej metalem (aluminium lub złotem) umieszcza się pomiędzy dwoma arkuszami perforowanej i namagnesowanej blachy. Na tym jednak podobieństwa do elektrostatów się kończą, ponieważ po drugiej stronie mylarowej membrany nadrukowano cieniutką cewkę wprawianą w ruch impulsami prądu. Dzięki równomiernemu rozłożeniu cewki na membranie pracuje ona całą swoją powierzchnią, która jest dużo większa od membran w klasycznych przetwornikach dynamicznych. Ze względu na budowę słuchawki planarne odznaczają się brzmieniem zbliżonym do elektrostatów, jednak pozbawione są ich niedogodności użytkowych, m.in. stosowania specjalnych wzmacniaczy dostarczających wysokie napięcie polaryzujące.

Ostatnim typem słuchawek są modele **piezoelektryczne**, z elementem piezoelektrycznym połączonym z membraną. Przyłożenie napięcia do elektrod powoduje

odkształcenie się piezoelektryka, który wywołuje ruch membrany i w efekcie fale akustyczne. Ze względu na znikomą masę, niewielki pobór prądu, małe zniekształcenia oraz względnie szerokie pasmo przenoszenia (10 Hz – 10 kHz) tego typu słuchawki znajdują zastosowanie głównie w aparatach słuchowych.

Kiedy już wiemy, jakie przetworniki pracują w słuchawkach, spróbujmy usystematyzować je pod względem budowy.

Pierwszy, podstawowy podział dotyczy rodzaju obudowy otaczającej przetwornik. Pod tym względem słuchawki dzielimy na:

otwarte, zamknięte i półotwarte.

Słuchawki **otwarte** charakteryzują się ażurową zewnętrzną stroną muszli zapewniającą swobodny przepływ powietrza do i ze słuchawek. Niesie to ze sobą różne konsekwencje. Z punktu widzenia użytkownika słuchawki otwarte oferują naturalny, przestrzenny dźwięk ze świetną stereofonią, zaś dobra wentylacja oraz niewielki nacisk na głowę pozwalają słuchać przez wiele godzin bez oznak zmęczenia. Niestety, każdy kij ma dwa końce. Z uwagi na brak elementu tłumiącego, nagrania odtwarzane przez modele otwarte są wyraźnie słyszalne przez osoby postronne. Co gorsza, do uszu użytkownika wyraźnie dochodzą odgłosy otoczenia, co może utrudniać odbiór muzyki, o ile w pomieszczeniu nie panuje cisza. Z tego powodu konstrukcje otwarte raczej nie nadają się do sprzętu przenośnego. Najbardziej znanymi słuchawkami otwartymi są wysokie modele Sennheisera (np. HD 600) oraz Grado.

Na drugim biegunie leżą słuchawki **zamknięte**, z przetwornikami umieszczonymi wewnątrz szczelnych komór akustycznych (uwaga: modeli zamkniętych nie należy mylić z wokółusznymi!). Główną zaletą konstrukcji zamkniętych jest skuteczna izolacja od hałasów otoczenia. Poza nieco innym charakterem brzmienia (dźwięki usytuowane są „wewnątrz” głowy) słuchawki zamknięte oferują nieco niższy komfort użytkowania niż otwarte. Wiąże się to z ograniczoną wentylacją uszu, która w skrajnych przypadkach powoduje pocenie już po kilkunastu minutach słuchania. Ze względu na dużą izolację akustyczną słuchawki zamknięte są powszechnie używane w studiach nagraniowych oraz wśród didżejów. Najpopularniejszymi reprezentantami tej rodziny są Creative Aurvana Live! i podstawowe modele Sennheisera, np. HD 202.

Natomiast słuchawkami łączącymi zalety modeli otwartych i zamkniętych są konstrukcje **półotwarte**. Zewnętrzne strony muszli mają w nich otwory stratne, jednak ich wielkość i rozmieszczenie uniemożliwiają swobodne przenikanie dźwięków do i ze słuchawek. Konstrukcje półotwarte łączą tym samym wysoki komfort noszenia, przynależny słuchawkom otwartym, z częściową izolacją od odgłosów otoczenia. Tę grupę reprezentują choćby Kossy PortaPro, Sennheisery PX 100-II oraz liczne modele AKG, Beyerdynamiców i innych tuzów słuchawkowego biznesu, przeznaczone do sprzętu przenośnego.

Wyboru słuchawek dokonuje się zazwyczaj z uwzględnieniem potrzeb, możliwości finansowych oraz indywidualnych upodobań. Mniejsze i lżejsze najczęściej towarzyszą przenośnym urządzeniom grającym, zaś duże i ciężkie wykorzystuje się w domu.

Oczywiście, powyższa reguła aż się roi od wyjątków, jednak ze względu na kształt i konstrukcję muszli słuchawki możemy podzielić na cztery kategorie: wokółuszne, nauszne, douszne i dokanałowe.

W słuchawkach **wokółusznym** (zamkniętych, półotwartych lub otwartych) cała małżowina uszna jest zamknięta w niewielkiej komorze – okrągłej lub elipsoidalnej. Miękkie, gąbkowe obrzeża obejmują całe ucho i są tak zaprojektowane, by dokładnie przylegać do głowy. Ma to duże znaczenie w konstrukcjach zamkniętych, gdzie silny nacisk na głowę powodowałby znaczny dyskomfort. Ergonomiczny, regulowany pałak łączący muszle oraz ich znaczne rozmiary sprawiają, że modele wokółuszne należą do najcięższych na rynku, a ich masa nierzadko przekracza 300 gramów.

Znacznie lżejsze od wokółusznym są słuchawki **nauszne**. Dodawane były do





pierwszych odtwarzaczy kasetowych w latach 80. ubiegłego stulecia. Prosta i tania początkowo konstrukcja przez lata stała się klasykiem i obecnie należy do najczęściej stosowanych przez producentów (modele otwarte, półotwarte i zamknięte). W słuchawkach nausznych muszle z przetwornikami częściowo przykrywają małżowinę i się na niej opierają. O izolację od czynników zewnętrznych oraz wysoki komfort noszenia dbają najróżniejsze pianki, gąbki, żele i inne substancje będące pilnie strzeżonymi sekretami producentów. Słuchawki nauszne najczęściej zaopatrzone są w elastyczne pałąki nagłowne, ale spotyka się też modele z oparciem na karku oraz klipsami do zaczepiania na małżowinie.

Kolejną kategorią są słuchawki **douszne** (półotwarte i zamknięte). Umieszcza się je w małżowinie i częściowo wsuwa do wnętrza kanału słuchowego. Niewielkie wymiary oraz niska masa sprawiają, że mają liczne grono zwolenników wśród użytkowników sprzętu przenośnego, jednak są obciążone kilkoma wadami. Przede wszystkim, oferują kiepską dynamikę i bas oraz ograniczoną detaliczność. Po drugie, słabo trzymają się uszu, co skutkuje częstym wypadaniem oraz przedostawianiem się hałasów z otoczenia. Wprawdzie producenci stosują różne nakładki poprawiające kontakt z uszami, ale z ich skutecznością bywa różnie. Nieskomplikowana budowa i niewielkie koszty produkcji sprawiają, że tego typu słuchawki są dołączane fabrycznie do niemal wszystkich odtwarzaczy mp3 i telefonów komórkowych. Nie należy jednak mieć złudzeń co do ich jakości i najczęściej dźwięki, jakie emitują, trudno nazwać muzyką.

Ostatnią grupą słuchawek są modele **dokanałowe** (zamknięte). Choć na pierwszy rzut oka przypominają douszne, to różnią się od nich tunelami wkładanymi bezpośrednio do kanału słuchowego. Dzięki dokładniejszemu przyleganiu do ucha oferują lepszą izolację akustyczną od o-

toczenia oraz wyższą dynamikę. Słuchawki dokanałowe sprzedawane są najczęściej z zestawem silikonowych lub piankowych nakładek, których celem jest redukcja odgłosów zewnętrznych oraz optymalne dopasowanie do kanału słuchowego. Najwyższym stopniem wtajemniczenia, jeśli chodzi o słuchawki dokanałowe, są modele profesjonalne, indywidualnie dopasowywane do kształtu ucha, często używane na scenie przez muzyków.

Słuchawki dokanałowe zwykle stabilnie trzymają się uszu, a jednak niektóre modele przeznaczone dla sportowców są wyposażone w dodatkowe systemy mocowań (seria Sennheiser/Adidas).

Choć tego typu słuchawki mają swoich gorących zwolenników, nie można zapominać o ich wadach. Pierwsza to efekt mikrofonowy, objawiający się słyszalnymi odgłosami kroków w czasie chodzenia lub biegania. Często też można w nich usłyszeć odgłosy ocierania kabla o ubranie. Największy minus dotyczy jednak kwestii zdrowotnych. Słuchawki dokanałowe sprawiają, że źródło dźwięku znajduje się w bezpośredniej bliskości bardzo wrażliwych rzęsek w narządzie Cortiego, który jest właściwym narządem słuchu. Głośne słuchanie muzyki w modelach dokanałowych może i dostarcza wyjątkowych rozkoszy, ale gwałtownie skraca drogę do laryngologa. Następnym etapem może być przesiadka na piezoelektryki, więc zachowajcie umiar w podkręcaniu głośności.

Osobną kategorią słuchawek są modele z aktywną redukcją zakłóceń zewnętrznych.

Od zarania dziejów główną bolączką użytkowników nauszników były odgłosy otoczenia burzące przyjemność słuchania muzyki. Walczono z nimi na różne sposoby, najczęściej uszczelniając styk muszli z głową w zamkniętych słuchawkach wokółusznych. W epoce „przedwalkmanowej” problem ten dotyczył głównie profesjonalistów (realizatorów dźwięku, pilotów), lecz po wyprowadzeniu melomanów na ulice okazało się, że walka z hałasem stała się kwestią priorytetową. Wojna ta z góry byłaby przegrana, gdyby nie pewien pomysły Amerykanin, dr Amar Bose.

W trakcie jednego z lotów samolotem Bose stwierdził, że szum jest tak dokuczliwy, że uniemożliwia mu słuchanie muzyki przez firmowe słuchawki. Dysponując nadmiarem wolnego czasu, zajął się opracowaniem systemu, który mógłby choć częściowo ów szum wyeliminować. Tak

narodziły się słuchawki QuietComfort 3, które dały początek całej gamie modeli z aktywną redukcją zakłóceń zewnętrznych.

System opracowany przez Bose składa się z kilku mikrofonów umieszczonych w muszlach i sprzężonych z układami elektronicznymi. Ich rola polega na wyłapywaniu hałasów zewnętrznych, a następnie na generowaniu sygnału w przeciwfazie, który w znacznym stopniu je redukuje. Jeśli dodać do tego pasywne tłumienie wynikające z charakteru modeli zamkniętych, to skuteczność tego typu słuchawek okazuje się bardzo duża.

Niestety, słuchawki z aktywną redukcją szumów również nie są pozbawione wad. Największa wiąże się z koniecznością zapewnienia zasilania, najczęściej ze standardowych akumulatorów. Drugą wadą jest cena, znacznie wykraczająca poza możliwości finansowe większości użytkowników sprzętu przenośnego. Za toalet tych słuchawek jest mnóstwo. Najważniejsza to możliwość znacznej redukcji odgłosów z zewnątrz i niezmaczonego słuchania ulubionych nagrań w każdych warunkach, bez konieczności zwiększania poziomu głośności. Kto choć raz tego skosztował, z trudem wracał do tradycyjnych modeli. Wprawdzie cena słuchawek z aktywną redukcją zakłóceń w pierwszej chwili może wystraszyć, ale wierzcie mi, kilka wizyt u laryngologa plus badanie audiometryczne kosztuje o wiele więcej.

Powyższe zestawienie nie wyczerpuje tematu słuchawek. Nie można przecież zapominać o modelach bezprzewodowych czy z wbudowanymi odtwarzaczami. A kwestia dopasowania słuchawek do sprzętu z uwzględnieniem parametrów technicznych? A wzmacniacze słuchawkowe i ich wyższość (lub nie) nad standardowymi gniazdami w sprzęcie grającym? „Temat-rzeka” chciałoby się powiedzieć i nie będzie w tym krzty przesady.

