

Konstrukcje obudów głośnikowych



Omawiając

w poprzednich artykułach

kwestie głośników i ich obudów, skupiłem się głównie na najprostszych konfiguracjach, gdyż zajmują one największy obszar rynku audio, co oczywiście nie oznacza, że nie warto przyrzeć się nieco bliżej innym rozwiązaniom technicznym. Jeśli chodzi o bardziej wyrafinowane konstrukcje samych obudów, to o ile głośnik dynamiczny w zasadzie od kilkudziesięciu lat niewiele się zmienił (przynajmniej co do zasady działania), to ewoluowały konstrukcje obudowy. Cały wysiłek konstruktorów skierowany jest i był na „wyciśnięcie” z przetwornika maksimum możliwości, właśnie przez zaprojektowanie optymalnej „skrzynki”, w której ma on pracować.

W trzeciej części mojego cyklu o głośnikach i zestawach głośnikowych chciałbym poświęcić nieco miejsca bardziej „wymyślnym” konstrukcjom niż popularny bass-reflex, który współcześnie jest chyba najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem, przynajmniej jeśli chodzi o omawiany w tym cyklu obszar rynku. Myślę, że można wymienić kilka przyczyn tak dużego rozpowszechnienia obudów tego typu.

ZALETY OBUDOWY BASS-REFLEX:

1. Stosunkowo łatwo można zaprojektować i wykonać prostą obudowę z otworem nawet w warunkach amatorskich, korzystając z popularnych programów komputerowych, oraz posiadając

podstawowe umiejętności w dziedzinie sztuki stolarskiej.

2. Nadaje się ona do większości typowych aplikacji scenicznych.
3. Stosując głośniki o odpowiednich parametrach, można pokusić się o konstruowanie zestawów o „rozsądnych” gabarytach.
4. Jest „przewidywalna” w kwestii założeń w odniesieniu do uzyskiwanych realnie efektów akustycznych.
5. W przypadku subbasów obudowa z otworem daje w razie potrzeby możliwość zejścia do naprawdę niskich częstotliwości, nieosiągalnych np. dla zestawów tubowych.

Pomimo opracowania bardziej zaawansowanych konstrukcji, obudowy typu bass-reflex do tej pory stosuje się najchętniej, przynajmniej w nagłośnieniu estradowym.



Tuby nie są nowym wynalazkiem – towarzyszyły człowiekowi od zarania dziejów. Znaczną rolę odegrały na początkowym etapie rozwoju elektroakustyki. Na zdjęciu widoczna jest konstrukcja z lat 20. ubiegłego wieku. (www.radiolaguy.com)

6. Z zasady działania obudowy bass-reflex wynikają pewne korzyści dla samego głośnika, jak choćby odciążenie go od ekstremalnych wychyleń membrany przy jego częstotliwości rezonansowej (o ile tunel zostanie prawidłowo nastrojony). Nie bez znaczenia jest również możliwość obniżenia o około pół oktawy w dół pasma przenoszenia zestawu w stosunku do częstotliwości rezonansowej głośnika mierzonej bez obudowy.

Zapewne można by jeszcze wymienić kilka innych zalet tego typu konstrukcji, ale chciałbym teraz skupić się na zasadniczym temacie tego artykułu, czyli nieco bardziej „zaawansowanych” technicznie rozwiązaniach.

Ewolucja Zacznijmy chronologicznie – tubowo

Tuba była stosowana w technice nagłośnieniowej od czasów „prehistorycznych”, zarówno w sensie dosłownym (np. rogi zwierząt), jak i w czasach początków nowożytnej techniki audio (pierwszy gramofon Edisona z charakterystyczną metalową, zakręconą tubą, bez której żaden dźwięk z tego urządzenia nie mógłby się wydobyć). W czasach współczesnych tuby wszelkiego rodzaju na długie lata opanowały obszar profesjonalnej techniki nagłośnieniowej, a ogólnie o przyczynach tego stanu rzeczy wspominałem już w poprzednim odcinku. Obecnie klasyczne obudowy tego typu stosowane są znacznie rzadziej, co wiąże się ze znacznym wzrostem możliwości wzmacniaczy mocy oraz z rozwojem innych zaawansowanych technik nagłośnieniowych.

Główną przyczyną, dla której stosowane są obudowy tubowe, jest fakt, że głośniki otwarte mają bardzo małą sprawność, wynoszącą nie więcej niż 5%. Jeśli między membranę a otaczającą ją przestrzeń wstawimy tubę, będącą swego rodzaju transformatorem akustycznym to (nie wdając się w rozważania teoretyczne powodów takiego stanu rzeczy), uzyskamy znaczną poprawę sprawności zestawu, która może dochodzić nawet do 80%, a przeciętnie wynosi 30-40%. Oprócz tej cennej właściwości, tuba pozwala również na prawie dowolne kształtowanie charakterystyki kierunkowej zestawów głośnikowych, co dotyczy jednak głównie zestawów średnio- i wysokotonowych.

Tuba dziś

Obudowy tubowe dla basu stosuje się obecnie głównie w dużych systemach koncertowych, a i tam ustępują one coraz częściej typowym zestawom bass-reflex. Pewną specyficzną odmianą takiej obudowy jest popularna „odwrotka”, która stanowi swego rodzaju zwiniętą tubę i stosowana

jest w celu ograniczenia wielkości „skrzynki” do rozsądnych wymiarów.

Zaletą obudowy tubowej, jak już wspominałem, jest przede wszystkim duża skuteczność: przy zastosowaniu identycznego głośnika może to być nawet 6 dB więcej niż w klasycznym bass-reflexie. Drugą ważną cechą są niewielkie zniekształcenia nieliniowe.

Wady? Można wymienić co najmniej kilka:

1. Nierównomierna charakterystyka przenoszenia, przejawiająca się uprzywilejowaniem pewnych częstotliwości kosztem innych.
2. Niemożność odtwarzania najniższego dołu (powiedzmy poniżej 50 Hz), gdyż zasada działania tuby wyklucza całkowicie przetwarzanie pasma poniżej jej częstotliwości granicznej.
3. Kłopoty przy łączeniu takich kolumn z obudowami innego typu w jednym zestawie, związane m.in. z koniecznością niezależnej korekcji charakterystyk przenoszenia i niezgodnościami fazowymi.
4. Gabaryty oraz masa – kto nosił, to wie, że czasem to prawdziwa udręka...

Tuby średnio- i wysokotonowe

Obecnie prawie nie spotyka się już „pełnowymiarowych” tub dla średniego zakresu częstotliwości. Kiedyś takie tuby, wykorzystujące głośniki 10”, 12” czy nawet 15”, były bardzo popularne. Dość często spotykaną konstrukcją była również obudowa stanowiąca specyficzne połączenie tuby dla zakresu niższego środka i obudowy z otworem dla lepszego przetwarzania dolnego pasma. Stosowano również obudowy z krótką tubą, pozwalające na pewne ukierunkowanie wiązki akustycznej. Takie konstrukcje spotyka się obecnie nawet dość często w wielodrożnych kolumnach aktywnych z wyższej półki, tyle, że tuby te wykonywane są najczęściej z formowanych ciśnieniowo tworzyw sztucznych, a nie jak dawniej z drewna.

Tuby dla najwyższego pasma, popularnie zwane „hornami”, były stosowane „od zawsze”, z tym że kiedyś głównie w głośnikach typu HF i jako tuby przetworników typu driver, o dość ograniczonym paśmie (do ok 10 kHz). Obecnie, w wyniku postępu technologicznego w budowie driverów ciśnieniowych tuby takie pokrywają bardzo szeroki zakres pasma, sięgając nawet do 20 kHz. Warto wspomnieć o parametrze zwanym dolną graniczną częstotliwością tuby, od którego zależy, na ile będzie ona w stanie przenosić dolne fragmenty pasma. Dotyczy to tub dla każdego zakresu, ale w przypadku tub średniowysokotonowych częstotliwość ta i tak przeważnie jest niższa niż realne możliwości przetwornika. Ciekawym rozwiązaniem są stosowane od jakiegoś czasu niesymetryczne (w płaszczyźnie pionowej) wyloty tub, które pozwalają na ukierunkowanie wiązki w kierunku podłoża, co czasem



Konstrukcja zwiniętej tuby (popularna „odwrotka”) to specjalność firmy Cerwin-Vega. Zapewnia bardzo wysoką sprawność, kosztem dolnej granicy pasma.



Rozwijaniem technologii tubowej zajmuje się m.in. firma Turbosound. Jako przykład posłużyć mogą zestawy Aspect, w których każdy głośnik posiada specjalnie skonstruowaną tubę.

przydaje się w sytuacji nagłaśniania niewielkich przestrzeni przez kolumny stojące np. na statywach. Oczywiście użycie takich kolumn (nie podwieszonych) np. w amfiteatrze, da całkiem odwrotny efekt, więc zrozumiałe jest, że należy zawsze dopasowywać aparaturę do specyfiki nagłaśnianego obiektu. Ten temat być może kiedyś jeszcze rozwinę, gdyż wart jest z pewnością szerszego omówienia.



Tuby średnio- i wysokotonowe, oprócz zwiększenia sprawności głośników, pozwalają zapanować nad kierunkowością rozchodzenia się dźwięku. Przekłada się to na lepszą zrozumiałość mowy w mocno pogłosowych pomieszczeniach oraz większy odstęp od sprzężeń akustycznych.



Obudowy pasmowe znajdują się w ofercie wielu producentów, w tym m.in. Mackie. Głośnik jest schowany wewnątrz, dzięki czemu jest odporny na udary mechaniczne oraz czynniki pogodowe.



Zwrotnicę częstotliwościową wykonuje się pod konkretną konfigurację głośników. Zaprojektowanie optymalnej zwrotnicy, oprócz umiejętności posługiwania się systemem pomiarowym, wymaga niemałej wiedzy i doświadczenia.

Niektóre firmy oferują również interesujący „patent”, który umożliwia zmianę kąta promieniowania tuby przez możliwość odwrócenia jej wylotu w kolumnie o kąt 90 stopni. Przydaje się to np. przy różnej konfiguracji monitorów scenicznych – uzyskujemy bowiem możliwość lepszego dopasowanie kierunku promieniowania odsłuchu do konkretnych potrzeb.

Obudowa pasmowo-przepustowa

Od kilkunastu lat dość często stosowane są obudowy typu bandpass, czyli takie, które w sposób „naturalny” (bez udziału filtrów elektrycznych) akustycznie ograniczają swoje pasmo przenoszenia. Praktycznie stosowane są wyłącznie jako subwoofery, gdyż ich zakres przenoszenia ograniczony jest od góry do ok. 150 Hz. Moim zdaniem, właściwość tłumienia pasma powyżej i poniżej założonej częstotliwości granicznej w zastosowaniach estradowych jest mało istotna, ponieważ w większości przypadków i tak powinno stosować się filtry przed wzmacniaczami mocy. Byłoby zupełnie bez sensu obciążać głośnik i napędzający go wzmacniacz całym pasmem akustycznym, jeśli z założenia obudowa i tak go nie przenosi. Nie od rzeczy będzie również wspomnieć, że obudowa tego typu, mimo że działa jak stromy filtr pasmowy, generuje wyższe harmoniczne, które czasem mogą być słyszalne i nie pozostają bez wpływu na brzmienie zestawu.

Czasem jednak właściwość naturalnego tłumienia bardzo niskiego pasma może okazać się zbawieną dla głośnika, o ile w systemie nie występują aktywne filtry odcinające pasmo, powiedzmy poniżej 40 Hz. Jak wiadomo, w warunkach estradowych praktycznie nie schodzi się poniżej takich częstotliwości, które przy dużych mocach generowanych przez współczesne wzmacniacze, mogą stanowić zagrożenie dla trwałości głośników. Podkreślam w tym miejscu, że stosowanie takich filtrów (oczywiście wchodzą w grę tylko układy aktywne, ze względu na brak realnych możliwości wykonywania cewek o tak dużych indukcyjnościach, jakie potrzebne byłyby dla bardzo niskich częstotliwości) jest bardzo ważnym, a dość często zaniebywanym środkiem zaradczym, przeciwko uszkodzeniom mechanicznym głośników. Lepszej klasy końcówki mocy mają dość często wbudowane filtry dolnozaporowe (high-pass, subsonic filter), przeważnie o stałej częstotliwości ustalonej z reguły na ok. 30-40 Hz. Jeśli nie posiadamy specjalizowanych procesorów głośniowych, zawsze warto uaktywnić taki filtr! Głośniki i wzmacniacze od razu poczną się bezpiecznie.

Wracając do obudowy band-pass w kontekście zabezpieczenia optymalnych warunków pracy przetwornika: posiada ona cenną właściwość tłumienia amplitudy wychyleń głośnika, która w „naturalny” sposób jest ograniczona przez poduszkę powietrzną

wewnątrz stosunkowo małej, zamkniętej komory. Jest to jedna z najważniejszych zalet konfiguracji band-pass, bo w kwestii skuteczności przegrywa ją one z porównywalnymi obudowami bass-reflex, a charakterystyki impulsowe również nie są zbyt korzystne. Poprawne zaprojektowanie obudowy typu band-pass nie jest łatwe, a poza tym mają one dość duże gabaryty – szczególnie dotyczy to obudów z dwoma wentylowanymi komorami, czyli obudów będących akustycznym filtrem 6. rzędu. W takim rozwiązaniu każda z komór strojona jest na inną częstotliwość i zdecydowanie różna jest wielkość obu komór. W wersji „podstawowej”, jak już wspominałem, jedna z komór jest całkowicie szczelna i mocno wytłumiona, a w drugiej znajduje się otwór. Jest to obudowa 4. rzędu (czyli akustyczny filtr o nachyleniu 24 dB/okt).

Inne konfiguracje

Specyficznym rodzajem układu band-pass jest dwugłośnikowy system „compound”. Głośniki łączone są w takiej obudowie równolegle (w przeciwfazie), co zwiększa sumaryczną moc zestawu, ale wypadkowa skuteczność nie rośnie – ma taką wartość jak dla pojedynczego głośnika. Głośniki mogą być w niej umieszczone na kilka sposobów:

- jeden za drugim w małej komorze,
- membranami do siebie,
- magnesami do siebie.

Konfiguracja push-pull (taką nazwę spotkamy w literaturze anglojęzycznej) znacząco obniża zniekształcenia nieliniowe, oraz pozwala na zmniejszenie o połowę wielkości obudowy, tj dwa głośniki mogą pracować w objętości optymalnej dla jednego z nich. Nie jest to jednak zbyt popularny układ w zastosowaniach scenicznych. Inne rodzaje obudów, spotykane w sprzęcie domowym Hi-Fi, jak np. obudowa typu linia transmisyjna czy obudowa z membraną bierną, praktycznie nie występują w sprzęcie estradowym. Obecnie sytuacja rynkowa wygląda tak, że w zakresie sprzętu „budżetowego” prym wiodzie od dość dawna klasyczny bass-reflex, stosowany zarówno w kolumnach wielodrożnych, jak i w subbasach. Wśród tych ostatnich można spotkać dość szeroką ofertę obudów typu band-pass, a zestawy typu „odwrotka” raczej wykorzystywane są głównie w większych instalacjach koncertowych.

Czy warto samemu budować zestawy głośnikowe?

Nie od rzeczy będzie wspomnieć o dość popularnej tendencji do budowania kolumn we własnym zakresie przez osoby mniej zamożne, ale za to bardziej ambitne. Chciałbym jednak przestrzec tych, którzy nie mają doświadczeń w tym względzie, a próbują podejmować tego typu działania,

że dość często uzyskany efekt może być daleki od oczekiwań. Zbudowanie dobrze działającego zestawu głośnikowego wymaga wiedzy w wielu dziedzinach. Zdecydowanie nie wystarczy piła, klej i śrubokręt oraz popularny program do obliczania obudowy czy zwrotnicy. Już na etapie projektowania skrzynki można popełnić wiele błędów, które potem trudno będzie skorygować. Choć istnieje wiele użytecznych narzędzi software'owych wykorzystywanych do projektowania obudów, należy sobie zdawać sprawę z faktu, że nawet najlepsze firmy używają ich głównie jako metody pomocniczej, a finalny efekt uzyskuje się na drodze pracochłonnych (i kosztownych) prób i pomiarów. Ta uwaga być może w jeszcze większym stopniu dotyczy projektowania filtrów biernych (zwrotnic głośnikowych), których pracę w warunkach rzeczywistych bardzo trudno jest dokładnie symulować komputerowo. Również zakup gotowych zwrotnic, które nie są dedykowane do konkretnych głośników, jest poważnym błędem, o czym miał okazję przekonać się już niejeden amator, zdziwiony, że „fabryczna” zwrotnica, o wydawałoby się pasujących parametrach, zupełnie nie sprawdza się w konkretnym zastosowaniu. Ale projekt to dopiero niewielka (choć bardzo istotna) część zadania, jakie stoi przed ambitnym konstruktorem amatorem. Może on dla uniknięcia tego etapu, skorzystać z wielu gotowych opracowań, które często oferują np. firmy produkujące głośniki. Ale uwaga! Zastosowanie innych przetworników niż „firmowe” najczęściej poprowadzi na manowce.

Po projekcie, kolejnym stadium jest wykonanie obudowy, a więc dobór materiału na nią, okucia, kraty osłonowe, wykończenie skrzynki itd. Już w samej działce stolarskiej kryją się spore wyzwania: należy bardzo starannie dopasować i skleić ścianki obudowy – najpewniejsze połączenie to tzw. jaskółczy ogon lub kołkowanie i skręcanie wkretami. Widziałem np. w mojej praktyce ko-

lumny zbijane gwoździami – to dyskwalifikuje wykonawcę już na samym wstępie, kolumna to nie skrzynka na kartofle! Następnie należy dobrać odpowiednie usztywnienia i wzmocnienia, precyzyjnie wyciąć otwory na głośniki. Dobrze byłoby też mieć możliwość wyfrezowania otworów pod uchwyty do przenoszenia i gniazda przyłączeniowe. Oklejanie kolumny dermą czy popularnym kocem też wymaga sporo pracy, jeśli zależy nam na estetycznym wyglądzie. Nie bez znaczenia jest dobór narożników oraz uchwytów do przenoszenia. Te ostatnie powinny być wyważone, o czym dość często zapominają nawet duże firmy i potem kolumna „wyłamuje ręce” w czasie transportu.

Osprzęt do kolumn, podobnie jak głośniki, jest oferowany w bardzo zróżnicowanych cenach i co za tym idzie, jego jakość też bywa bardzo różna. Są np. narożniki z tworzywa, które nie wytrzymują jednego uderzenia, rączki, które urywają się w czasie przenoszenia, gniazda przyłączeniowe, które „udają” firmowe i po kilku imprezach przestają kontaktować, gniazda statywów, których środki odpadają i rura statywu niszczy w niekorzystnej sytuacji zamontowany w kolumnie głośnik itd. itp. Jak widać, może okazać się, że oszczędność, która przyświecała idei zbudowania paczki we własnym zakresie, tak naprawdę doprowadziła do strat



Dobór głośników i porządny warsztat stolarski to tylko część sukcesu. Amatorzy samodzielnego konstruowania zestawów głośnikowych będą musieli zmierzyć się z niełatwym procesem optymalizacji parametrów akustycznych. Bez pomiarów, wyliczeń i prototypów, uzyskane efekty mogą być dalekie od oczekiwań.

duktów, których zakup odradzają ci, którzy już się dali nabrać, aby nie popełniać tych samych błędów we własnym zakresie.

Podsumowanie

Na koniec, z okazji zbliżającego się Nowego Roku, życzę wszystkim czytelnikom udanych inwestycji w wymarzoną aparaturę. Mam nadzieję, że moje artykuły okażą się w tym choć trochę pomocne. Osoby zainteresowane dalszym zgłębianiem tajników techniki nagłośnieniowej, zapraszam na moją stronę internetową – www.pmp.civ.pl, gdzie zamieszczam różne materiały na interesujący nas temat.

Piotr Peto
PMP Electronics



Od prawidłowego rozplanowania uchwytów służących do przenoszenia zestawu głośnikowego zależy jego właściwości użytkowe.

i to, co udało nam się z takim trudem zbudować, jest bardzo dalekie od założeń. Zdecydowanie odradzam budowanie kolumn w oparciu o tanie, „bazarowej” jakości przetworniki. Takiej konstrukcji nie uratuje nawet najlepiej zaprojektowana i wykonana obudowa. Chyba, że ktoś zupełnie nie zwraca uwagę na jakość i zależy mu tylko na niskich kosztach – ale nie do takich osób są kierowane moje artykuły. Wystarczy poczytać fora internetowe, które aż roją się od opisów firm i pro-