

Niezbędnik dla amatorów i profesjonalistów

W głośnikowym żywiole, część 9

Obudowy bass-reflex, część 1

Obudowa bass-reflex, nazywana też obudową z otworem, jest obecnie najbardziej rozpowszechnionym typem obudowy, stosowanym w zespołach głośnikowych w rozmiarach od najmniejszych do największych.

Zepchnęła ona na margines obudowę zamkniętą, chociaż i ta ma swoje niezaprzeczalne zalety. Jednak to obudowa bass-reflex dostarcza, mówiąc najprościej, „więcej basu”. W wielu przypadkach duża ilość zostaje okupiona słabą jakością – obudowy bass-reflex obwinia się o słabe odpowiedzi impulsowe. Owszem, obudowa zamknięta jest pod tym względem zwykle lepsza, ale korzystając z dzisiejszej wiedzy, możliwości obliczeniowych i odpowiednich głośników, można zbudować bardzo dobre konstrukcje z otworem. Stąd też zarówno wśród hobbystów, jak i profesjonalistów cieszą się one dzisiaj największym powodzeniem. Obudowa z otworem nie jest odkryciem ostatnich lat – ale przez długi czas była stosowana bez takiej wiedzy, jaką posiadamy dzisiaj, i jej działanie było dalekie od doskonałości, rzeczywiście obciążone dużymi błędami, w tym przede wszystkim silnie zaznaczonymi problemami właśnie w zakresie charakterystyk impulsowych. Dobry projekt obudowy z otworem wymaga dużej staranności – działanie tego typu obudowy jest bowiem znacznie bardziej wrażliwe na zmianę któregokolwiek z parametrów, niż przy obudowie typu zamkniętego.

(Nie)zwykła dziura

Studia nad obudowami zaczęliśmy klasycznie – od obudowy zamkniętej. Obudowa zamknięta mogła się wydawać urządzeniem banalnym, dopóki nie zaczęliśmy dokładniej przyglądać się jej wpływowi na charakterystyki głośnika. Otóż to – zajmując się obudowami, badamy przecież nie same obudowy, ale charakterystyki, których źródłem jest...

W przypadku obudowy zamkniętej zakładamy, że tylko głośnik. Wibracje ścianek też dodają fale dźwiękowe i kształtują zewnętrzne ciśnienie akustyczne, ale jest to traktowane jako zjawisko niepożądane, pasożytnicze, i w teorii opisującej działanie różnych rodzajów obudów pozwalamy sobie te problemy pomijać, a wracać do nich przy ogólnych wskazówkach dotyczących sposobu budowania wszelkiego typu obudów.

W przypadku obudowy bass-reflex sytuacja staje się znacznie bardziej złożona. Wystarczy zwykła „dziura” w obudowie, aby cały układ zadziałał zupełnie inaczej. Teraz badany źródłem ciśnienia akustycznego jest nie tylko zainstalowany w obudowie głośnik, ale i otwór, z którego, jak się należy spodziewać, też dobiegają jakieś dźwięki.

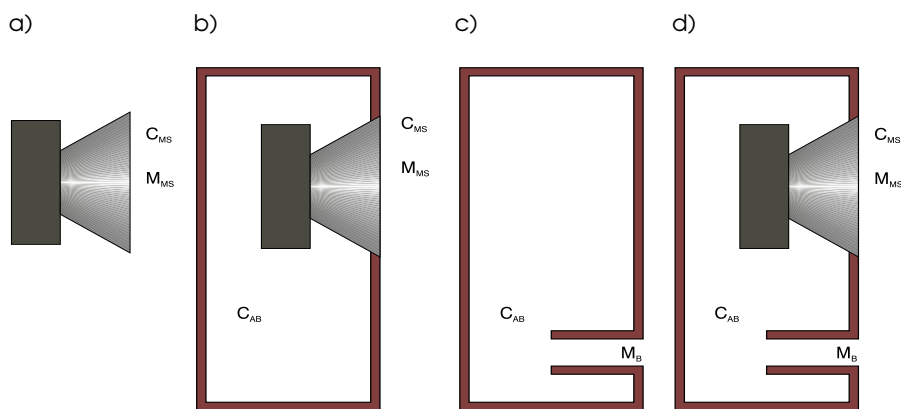
Każdy już wie, że tylna strona membrany wytwarza ciśnienie akustyczne – w zakresie niskich tonów bardzo podobne do promieniowanego przez przednią stronę membrany, tyle że pozostające dokładnie w przeciwnej fazie. Gdyby świat był prosty to przez otwór „widzielibyśmy” właśnie to ciśnienie, wytwarzane w środku obudowy. Wtedy jednak stosowanie obudowy z otworem nie miałyby przecież żadnego sensu – z zewnątrz obserwowalibyśmy dwa źródła promieniowania niskich częstotliwości, pozostające względem siebie w przeciwfazie, czyli sytuację, z jaką mamy do czynienia przy głośniku niezabudowanym – sytuację, której musimy się przeciwstawić, bowiem efektem współistnienia takich źródeł jest zerowe ciśnienie wypadkowe.

Na szczęście świat nie jest prosty, i promieniowanie otworu wcale nie reprezentuje wiernie ciśnienia

wytwarzanego przez tylną stronę membrany. Owszem, jest przez to ciśnienie wywoływane, ale „po drodze”, w obudowie, zachodzą dość niezwykle zjawiska.

Rezonator Helmholtza

Punktem wyjścia do ich objaśnienia może być przypomnienie zjawiska częstotliwości rezonansowej samego głośnika, a także ogólnie każdego układu mechanicznego, w którym występuje masa i podatność. W przypadku głośnika mamy masę układu drgającego (membrana, cewka, współdrżąca masa powietrza „przyklejona” do membrany) i podatność zawieszonych (dolnego i górnego) – rys. 41a. Instalując głośnik w obudowie zamkniętej, do podatności zawieszonych własnych głośnika dodajemy podatność „poduszki powietrznej” – można powiedzieć, że poddajemy modyfikacji parametry układu rezonansowego głośnika albo że powstaje nowy układ rezonansowy z połączenia elementów głośnika i obudowy, ale jest to jeden układ rezonansowy o jednej częstotliwości rezonansowej (rys. 41b). Jeżeli jednak w obudowie wykonamy otwór, spowodujemy powstanie zupełnie innego, drugiego obok głośnika, układu rezonansowego (rys. 41d). Stworzy go podatność powietrza w obudowie (istniejąca już w obudowie zamkniętej), i masa powietrza w otworze (której tam nie było). Sama podatność ani sama masa nie wystarczy – potrzebne są obydwa elementy, które w obudowie z otworem się pojawiają. Taki układ rezonansowy nazywa się rezonatorem Helmholtza i powstaje on nawet bez udziału głośnika (rys. 41c). Można go porównać do głośnika bez układu napędowego – czyli do układu membrany i zawieszenia albo do struny instrumentu muzycznego, ale bez muzyka... czyli bez czynnika pobudzającego do drgań. Rezonator Helmholtza „sam z siebie” nie zaczyna rezonować, tak jak struna sama nie zaczyna grać, ale jest dostrojony do określonej częstotliwości rezonansowej,



Rys. 41. Różne rodzaje obudów: a) głośnik swobodnie zawieszony jest układem rezonansowym utworzonym przez C_{MS} (podatność zawiesznień membrany) i M_{MS} (masa układu drgającego), b) głośnik w obudowie zamkniętej tworzy układ rezonansowy o podatności $(C_{MS} \times C_{AB}) / (C_{MS} + C_{AB})$ (wypadkowa podatność zawiesznień głośnika i powietrza w obudowie) i masie M_{MS} , c) – obudowa z otworem jest układem rezonansowym o podatności C_{AB} i masie M_B , d) – głośnik w obudowie z otworem to kilka układów rezonansowych.

która objawi się po pobudzeniu układu. Czynnikiem pobudzającym będzie tu oczywiście zainstalowany głośnik, który zarazem jest odrębnym układem rezonansowym.

Bass-reflex dla praktyków

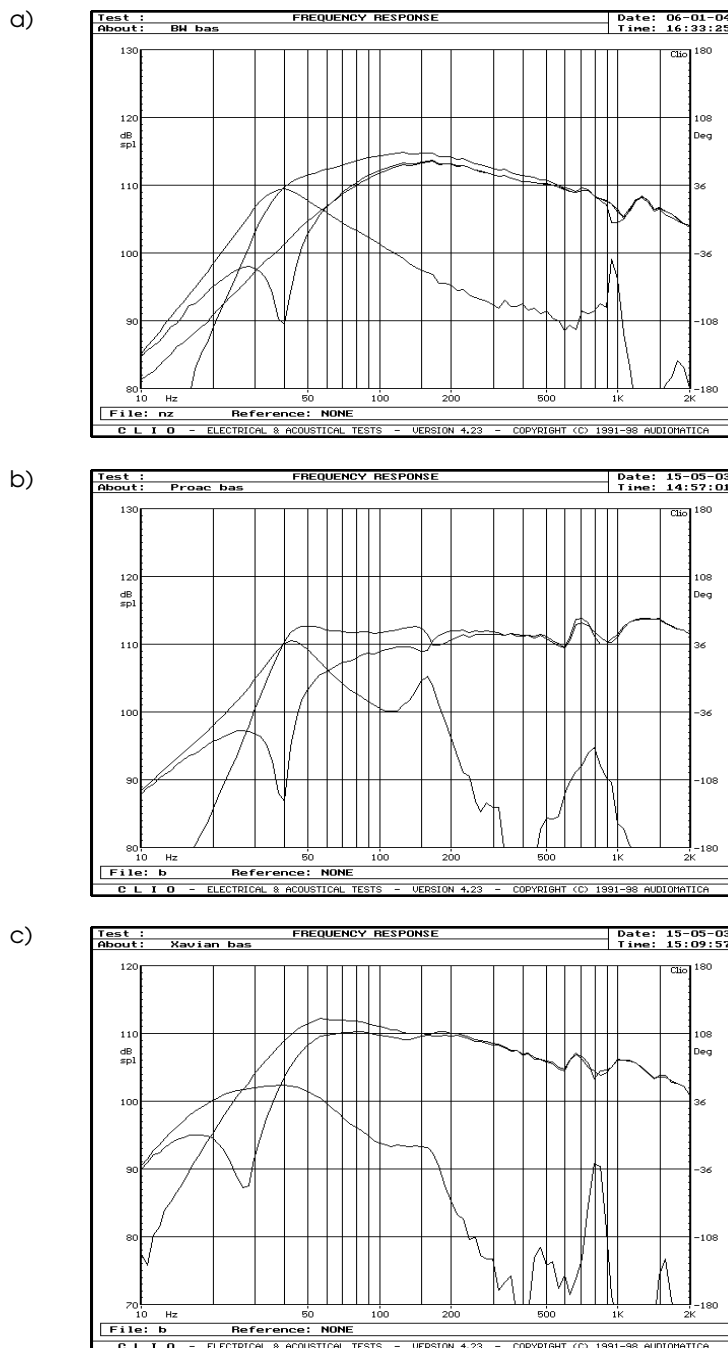
Działanie obudowy z otworem można przedstawiać w sposób przyprawiający laików o zawrót głowy. Naszym celem jest jednak zaszczepić umiejętność projektowania w możliwie najmniej bolesny sposób. Tematu tego nie da się chyba opisać bardziej „ludzkim językiem”. W takim razie wysiłek, który trzeba będzie w zrozumienie tego tekstu włożyć, to naprawdę niezbędne minimum, aby zdobyć podstawowe umiejętności projektowania bass-refleksu. Jak zwykle, pominiemy te elementy teorii, które nie mają wielkiego znaczenia w praktyce. W zamian „wgrzyziemy się” w analizę wielu różnych wariantów strojenia obudowy bass-reflex.

Przy częstotliwości rezonansowej obudowy, czyli układu podatności powietrza w obudowie i masy powietrza w otworze, otwór silnie promieniuje. Oczywiście siła tego promieniowania pozostaje w związku z siłą czynnika pobudzającego, czyli ciśnieniem wytwarzanym przez tylną stronę membrany głośnika. Jako punkt wyjścia weźmy głośnik w obudowie zamkniętej, mający w takich warunkach określoną charakterystykę przetwarzania. Teraz wykonajmy w obudowie otwór, który stworzy układ rezonansowy dostrojony do wybranej częstotliwości. Wartość ciśnienia z otworu przy

tej częstotliwości będzie zależała od wartości ciśnienia, jakie wytwarzał przy tej częstotliwości sam głośnik, gdy otworu jeszcze nie było, chociaż będzie znacznie wyższa. Ale co najciekawsze w działaniu systemu bass-reflex, już po wykonaniu otworu, właśnie dokładnie przy częstotliwości rezonansowej obudowy, sam głośnik prawie całkowicie przestaje promieniować! Działanie układu rezonansowego obudowy bardzo silnie hamuje ruch jego membrany. Ale nawet jej stłumiony, minimalny ruch jest wystarczającym pobudzeniem dla układu rezonansowego obudowy do silnego promieniowania z otworu. Jednak przestrajanie układu rezonansowego w kierunku niższych częstotliwości, czyli przesuwanie się po spadku charakterystyki głośnika (w obudowie zamkniętej), będzie obniżało poziom ciśnienia z otworu.

Z tych obserwacji płyną pierwsze praktyczne wnioski: w zakresie częstotliwości rezonansowej obudowy, mimo wysokiego ciśnienia akustycznego wytwarzanego przez układ, sam głośnik zostaje odciążony od dużych amplitud, co jest oczywiście korzystne, gdyż „oszczędza” głośnik i redukuje zniekształcenia.

Przestrajanie układu rezonansowego w kierunku niskich częstotliwości nie gwarantuje efektywnego przetwarzania dowolnie niskich częstotliwości, gdyż poziom ciśnienia z otworu ma związek z pierwotnym kształtem charakterystyki przetwarzania samego głośnika. Zwłaszcza początkujący konstruktorzy czasami oczekują, że dzięki bardzo niskiemu dostrojeniu uzyskają



Rys. 42. Przykładowe charakterystyki: a) modelowe charakterystyki dla głośnika w obudowie z otworem i w takiej samej objętości obudowie zamkniętej. Charakterystyka przetwarzania całego układu bas-refleks delikatnie opada do okolic częstotliwości rezonansowej f_b (40Hz), poniżej szybko zwiększa nachylenie, b) – przykład strojenia do wysokiej częstotliwości rezonansowej, wskutek którego ciśnienie z otworu jest bardzo wysokie, charakterystyka układu sięga z pełną efektywnością do okolic częstotliwości rezonansowej f_b (40Hz), poniżej opada bardzo gwałtownie, c) – przykład strojenia do niskiej częstotliwości rezonansowej, ale ciśnienie z otworu w jej zakresie nie jest wysokie, i charakterystyka układu zaczyna opadać wcześniej, a przy częstotliwości rezonansowej f_b (28Hz) ma już spadek ok. 10dB.

bardzo niską częstotliwość graniczną, co niestety nie jest takie łatwe. Zbyt niskie strojenie sprowadza działanie układu rezonansowego w rejony, gdzie sam głośnik promieniuje już na bardzo niskim poziomie, i w ślad za

tym efekt pracy bass-refleksu też okazuje się bardzo słaby i w niewielkim stopniu wpływa na ostateczną charakterystykę przetwarzania, w porównaniu do obudowy zamkniętej.

Andrzej Kisiel