

Niezbędnik dla amatorów i profesjonalistów

W głośnikowym żywiole, część 19

Obudowa pasmowo-przepustowa (band-pass)

Przez ponad rok zajmowaliśmy się dwoma podstawowymi, najczęściej spotykanymi rodzajami obudowy głośnikowej – zamkniętą i z otworem (bas-refleks). Ostatnie dwa odcinki poświęciliśmy obudowie z membraną bierną, ale i ją przedstawiliśmy ją jako odmianę bas-refleksu. Obudowy pasmowo-przepustowe (band-pass) mają już zupełnie inne właściwości, dają bardzo specyficzne charakterystyki, ale i one wykorzystują to samo zjawisko rezonansowe, które jest podstawą działania obudów bas-refleks.

Dlatego dopiero opracowania Thiele'a – Smalla, które zdefiniowały parametry potrzebne dla prawidłowego strojenia obudów z otworem, pozwoliły jednocześnie na rozwój obudów pasmowo – przepustowych. Jednak tak jak w przypadku *bas – refleksu*, pierwsze *band – passy* pojawiły się o wiele wcześniej.

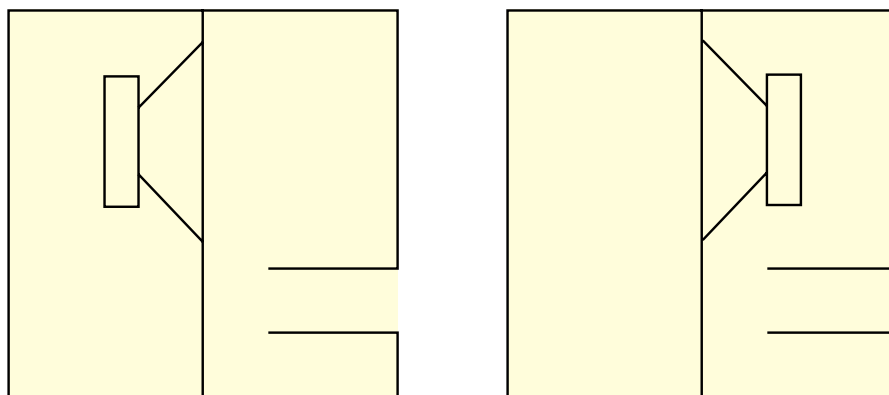
Były oczywiście bardzo niedoskonałe, ponieważ opanowanie ich charakterystyk zdecydowanie wymaga posługiwania się parametrami T-S. Stąd pierwsza praktyczna wskazówka – bez znajomości tych parametrów, jesteśmy skazani na rezultaty przypadkowe, a więc najczęściej złe, i najlepiej dawać sobie żmudne eksperymenty, które przypominałyby błędzenie po omacku. Co prawda obecnie dostępność podstawowych parametrów T-S jest w zasadzie powszechna, więc powyższa rada może wydawać się niepotrzebna, ale nadal wielu jest amatorów, którzy nawet mając potrzebne dane w zasięgu ręki, próbuje iść na skróty, strojąc różnego typu obudów „na oko”. To uwaga mająca nawet większe praktyczne znaczenie dla projektowania obudów *bas – refleks*, ponieważ są one dzisiaj najchętniej stosowane, natomiast *band – pass*... po okresie dużego zainteresowania na przełomie lat 80. i 90., obecne jest to typ obudowy spotykany coraz rzadziej. Dlatego też potraktujemy ją skrótowo. Omówimy zasadę działania, wady i zalety kilku odmian, ale nie będziemy podawać wzorów służących do „ręcznego” obliczania.

Najprostsza jest obudowa pasmowo-przepustowa zamknięta. Nazwa jest

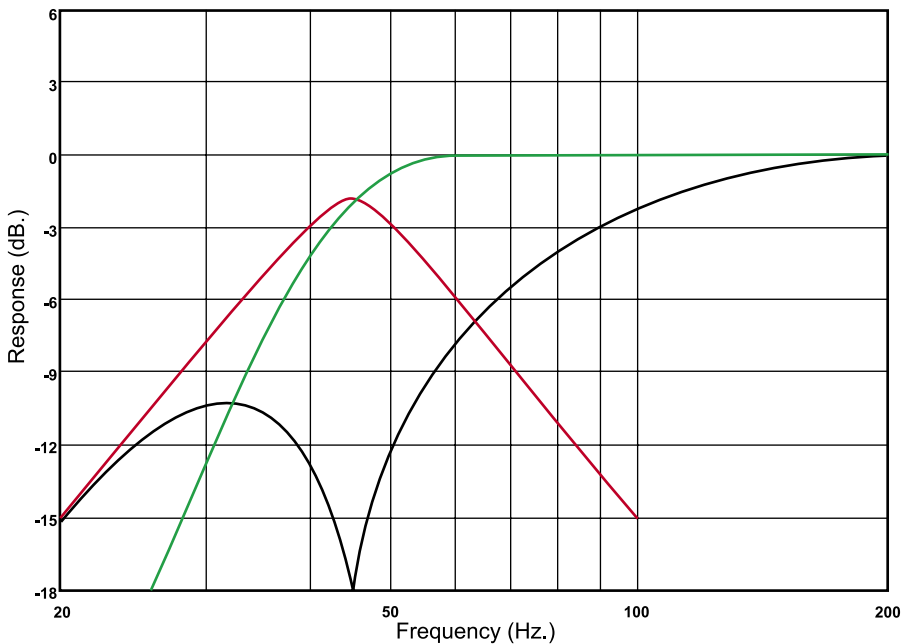
tu trochę myląca – nie może być bowiem obudowy pasmowo – przepustowej całkowicie zamkniętej, bez komory z otworem (i odpowiednim tunelem), która jest konieczna dla stworzenia układu rezonansowego działającego na takiej samej zasadzie, jak *bas – refleks*. Określenie „zamknięta” wzięło się stąd, że po drugiej stronie głośnika pojawia się druga komora, już zamknięta, w której ciśnienie (od drugiej strony membrany) jest wytłumiane. W obudowie pasmowo – przepustowej ustalenie, która strona głośnika (i membrany) jest pierwszą (przednią), a która drugą (tylną), jest zupełnie umowne, ponieważ cały głośnik znajduje się wewnątrz obudowy, zainstalowany w przegrodzie pomiędzy komorami, i nie można stwierdzić jednoznacznie, która jego strona jest zewnętrzna, a która wewnętrzna. Oczywiście sam głośnik ma konstrukcję niesymetryczną, i przyzwyczailiśmy się uznawać, że strona „tylna” to ta z magnesem.

W obudowie pasmowo – przepustowej traci to jednak praktyczne znaczenie, bowiem charakterystyki przetwarzania wytwarzane po obydwu stronach membrany są w zasadzie identyczne dla niskich częstotliwości, a tylko ten zakres będzie emitowała obudowa pasmowo-przepustowa. W typowych konstrukcjach z głośnikami na przedniej ścianie, byłoby kłopotliwe instalować głośnik magnesem na zewnątrz, nawet gdyby nie było ku temu przeciwwskazań akustycznych (właśnie przy pracy w zakresie niskich częstotliwości) – z powodów estetycznych i wykonania podłączenia; przy „schowaniu” głośnika do środka obudowy, możemy go ustawić dowolnie, tak, jak będzie wygodniej z punktu widzenia montażu (rys. 93). Trzeba tylko pamiętać, że strona „tylna” zabiera część objętości, a strona przednia dodaje – tyle, ile mieści się w stożku membrany. Trzeba też pamiętać o tym, że odwrócenie głośnika zmienia jego polaryzację, ale nie ma to żadnego związku ze sposobem działania samej obudowy, ale dotyczy zupełnie innych problemów integracji z pozostałymi głośnikami całego systemu, czy to w ramach wielodrożnego zespołu głośnikowego, czy współpracy subwoofera z satelitami. W wielu opracowaniach spotyka się jednak oznaczenia, wedle których komora z otworem jest komorą „przednią”, a komora zamknięta komorą „tylną”.

Tak jak kiedyś „wyprowadziliśmy” obudowę *bas – refleks* z obudowy za-



Rys. 93. Obudowa pasmowo przepustowa. Sposób ustawienia głośnika nie ma znaczenia dla jej sposobu działania i osiągniętych charakterystyk



Rys. 94. Charakterystyki ciśnienia z głośnika (czarna), z otworu (czerwona) i wypadkowa (zielona) systemu bas-refleks. Obudowa pasmowo-przepustowa ma za zadanie pozostawić nam tylko charakterystykę ciśnienia z otworu

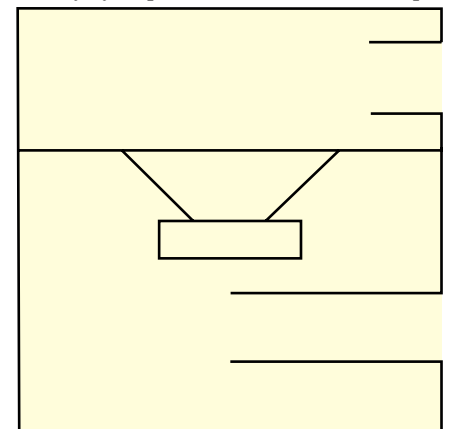
mnijętej, tak teraz naszkicujemy obudowę pasmowo – przepustową (zamkniętą) jako rozwinięcie prostszej obudowy zamkniętej lub *bas – refleks*, co ułatwi zrozumienie zasady jej działania. Ale można do tego dojść z dwóch stron. Obudowa pasmowo – przepustowa zamknięta składa się przecież z komory zamkniętej i komory z otworem. Możemy sobie wyobrazić zarówno, że punktem wyjścia jest głośnik pracujący w obudowie zamkniętej, kiedy z przodu dokładamy komorę z otworem, jak też sytuację odwrotną – głośnik pracujący w obudowie *bas – refleks* zabudowujemy od przodu komorą zamkniętą (ale otwór musi oczywiście promieniować na zewnątrz).

Na początek przeanalizujemy ten drugi wariant. Jak zachowuje się głośnik w obudowie *bas – refleks*, dokładnie opisywaliśmy w poprzednich odcinkach. Teraz tylko przypomnijmy, że przy określonej częstotliwości rezonansowej obudowy f_b , otwór będzie silnie promieniował, a jednocześnie sam głośnik zostanie odciążony od dużych amplitud. Poniżej częstotliwości rezonansowej f_b głośnik „przepycha” powietrze przez otwór, a powyżej otwór akustycznie się „zamyka”, przestając promieniować. Zmienne relacje fawowe między promieniowaniem przedniej strony membrany głośnika a promieniowaniem otworu skutkują wypadkową charakterystyką przetwarzania, która poniżej częstotliwości rezonansowej f_b opada szybciej

(18...24 dB/okt.) niż charakterystyki samego głośnika i samego otworu (do 12 dB/okt.). Jednak charakterystyka promieniowania samego otworu, w klasycznie dostrójonym *bas – refleksie*, ma kształt symetryczny, z wierzchołkiem przy częstotliwości rezonansowej f_b , i zboczami ok. 12 dB/okt. po obydwu stronach (rys. 94). Spadek od strony niskich częstotliwości powodowany jest spadkiem charakterystyki samego głośnika, który jest źródłem ciśnienia poniżej częstotliwości rezonansowej, spadek od strony wyższych częstotliwości wynika z filtrującego działania układu rezonansowego. Sam układ rezonansowy obudowy, jaki wykorzystuje *bas – refleks* lub *band – pass*, jest więc układem dolnoprzepustowym, a nie pasmowo – przepustowym; ale kiedy układ jest „napędzany” przez głośnik, którego pasmo jest ograniczone od strony niskich częstotliwości, tworzy się charakterystyka pasmowo – przepustowa. Kiedy jeszcze do takiej charakterystyki promieniowania otworu dodajemy charakterystykę promieniowania (przedniej strony) głośnika, powstaje charakterystyka wypadkowa już opisywana powyżej, charakterystyka pełnego systemu *bas – refleks*. W systemie pasmowo – przepustowym chcemy pozostawić tylko charakterystykę promieniowania samego otworu, a usunąć charakterystykę promieniowania przedniej strony membrany. Jak to zrobić, a przede wszystkim po co? Na pierwsze pytanie odpowiedź wydaje się łatwa – wytłumić

promieniowanie przedniej strony membrany w komorze zamkniętej (i od tego momentu „strony membrany” stają się pojęciem umownym). Trzeba jednak pamiętać, że zabudowanie przedniej strony membrany oddziałuje na podstawowe parametry Thiele’a – Smalla głośnika (podobnie jak stosowanie obudowy zamkniętej względem głośnika swobodnie zawieszzonego). Zmiana tych parametrów oczywiście zmienia zarówno charakterystykę pracy samego głośnika, jak i napędzanego przez niego układu rezonansowego, mimo że podstawowe parametry samego układu rezonansowego obudowy z otworem nie uległy zmianie. Tak więc charakterystyka ciśnienia z otworu, zmierzona przy głośniku niezabudowanym z drugiej strony komorą zamkniętą, nie zostanie utrzymana po zabudowaniu, zmieni swój kształt i przesunie się w stronę wyższych częstotliwości. Ale po uwzględnieniu tych zjawisk osiągniemy cel – pozostanie nam charakterystyka promieniowania samego otworu, chociaż powtórzmy, że charakterystyka ta zależy od trzech grup czynników – od parametrów samego układu rezonansowego komory z otworem (podatność powietrza w komorze i masa powietrza w tunelu), od parametrów samego głośnika, i od wielkości drugiej komory – zamkniętej. Zmiana któregośkolwiek elementu w tej układance zmieni charakterystykę przetwarzania układu.

W jakim celu chcemy uzyskać tego typu charakterystykę? Odpowiedź na to pytanie będzie oczywiście po części odpowiedzią na pytanie, dlaczego tego typu obudowy się stosuje, ale tylko po części. Poza określonym kształtem charakterystyki przetwarzania, obudowa pa-



Rys. 95. Obudowa pasmowo-przepustowa otwarta. Obydwie komory z otworami muszą się mieć różne częstotliwości rezonansowe, co można uzyskać dzięki różnym objętościom i (lub) różnym wymiarom tuneli

smowo-przepustowa (zamknięta) ma jedną ważną przewagę zarówno nad obudową zamkniętą, jak i z otworem. Chodzi o amplitudowe obciążenie głośnika. Przypomnijmy raz jeszcze, że obudowa z otworem pozwala w zakresie swojej częstotliwości rezonansowej, lokalnie odciążyć głośnik od dużych amplitud, mimo że otwór, a w ślad za tym cały układ, promieniuje efektywnie. Ale poniżej częstotliwości rezonansowej, obudowa z otworem nie daje głośnikowi żadnego „oparcia”, tak jak obudowa zamknięta, pozwala na swobodne przepompowywanie powietrza przez obudowę i otwór, można powiedzieć, że głośnik czuje się w tym zakresie tak, jakby w ogóle nie był zabudowany. To wywołuje duże amplitudy jego pracy (w dodatku zupełnie bezproduktywnej, bo w tym zakresie ciśnienia z otworu i od przedniej strony membrany znoszą się na skutek przeciwnych faz), co może prowadzić do przeciążenia nawet niewielką mocą, ale pojawiającą się w zakresie najniższych częstotliwości (to skłania wielu producentów subwooferów do elektrycznego filtrowania subsonicznego, czyli tłumiącego sygnały poniżej częstotliwości rezonansowej f_p). Pod tym względem, obu-

dowa zamknięta jest w zakresie najniższych częstotliwości lepsza, bo „trzyma” głośnik swoją „poduszką powietrzną”. W rzeczywistości podnosi częstotliwość rezonansową głośnika f_s do f_c , przez to zmniejszając jego amplitudę w zakresie najniższych częstotliwości. Ale obudowa zamknięta nie oferuje pełnego odciążenia głośnika w żadnym zakresie, nie jest bowiem sama układem rezonansowym, który mógłby taki efekt wywołać. Natomiast obudowa pasmowo – przepustowa zamknięta, zabudowująca głośnik z jednej strony komorą z otworem, a z drugiej komorą zamkniętą, oferuje równocześnie obydwie korzystne zjawiska – pełne odciążenie w wybranym zakresie (częstotliwości rezonansowej komory z otworem) i zabezpieczenie przez zbyt wysokimi amplitudami najniższych częstotliwości (dzięki „trzymaniu” membrany przez komorę zamkniętą). To oczywiście podnosi całkowitą wytrzymałość głośnika, do którego można w takim przypadku bezpiecznie dostarczyć większą moc w całym zakresie niskotonowym, a jednocześnie efektywnie przetworzyć ją na ciśnienie akustyczne. Obudowa pasmowo – przepustowa jest więc generalnie bardziej sprawna energetycznie.

Główne technologie dla testów wielofunkcyjnych



PXI-5124 and PXI-5422

200 MHz digitizer i generator arbitralny o wysokiej rozdzielczości

- 12 bitowa akwizycja i 16 bitowa generacja
- >> 75 dBc SFDR
- Do 512 MB pamięci na kanał
- Synchronizacja między przyrządami z dokładnością < 1 ns
- Dostępność oprogramowania służącego do edycji przebiegów, modulacji i pomiarów w dziedzinie częstotliwości

Multimetry	6½ cyfry
Analizatory dźwięku	24 bity, 204.8 kS/s
Digitizery:	do 14 bitów, 100 MS/s
Generatory sygnałów:	do 16 bitów, 100 MS/s
Szybkie karty cyfrowego I/O	do 100 MHz
Analizator RF	do 2.7 GHz, 20 MHz RTB
Przełączniki	Multiplexery, macierze, przełączniki RF, przekaźniki

Aby uzyskać więcej informacji odwiedź naszą stronę ni.com/info i wprowadź kod pdvm2e bądź skontaktuj się z nami:



National Instruments Poland – Sp. z o.o.
Tel: (22) 33 90 150 • Fax: (22) 33 90 283
ni.poland@ni.com • ni.com/poland

© 2005 National Instruments Corporation. All rights reserved. Product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. 2005-4842-305-194-0

ELECTRONIC COMPONENTS
TVSAT
ELECTRONIC

Podzespoły elektroniczne w ilościach hurtowych

Układy scalone i elementy biernie

Zawsze aktualna oferta, oraz sklep internetowy:
www.tvsat.com.pl

01-957 Warszawa, ul. Szegedyńska 13a
tel. (022) 864-77-85, 834-44-27
fax (022) 864-77-86

e-mail: tvSAT@tvSAT.com.pl; sakos@medianet.pl

mikrokontrola

ul. Wólczyńska 55, 01-808 Warszawa
tel.: [0 prefix 22] 865 55 45
fax: [0 prefix 22] 865 55 44
e-mail: biuro@mikrokontrola.pl

www.mikrokontrola.pl

RFID
AKCESORIA DO BEZKONTAKTOWEJ IDENTYFIKACJI

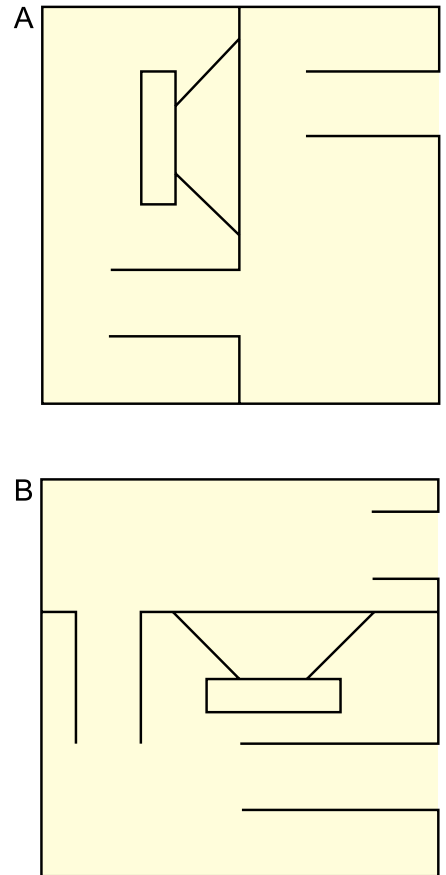
NOWOŚĆ!
CZYTNIKI I TRANSPONDERY Z MOŻLIWOŚCIĄ ZAPISU

CZYTNIKI
TRANSPONDERY
STEROWNIKI
NADruk NA KARTACH

Kształt, a przede wszystkim niewielki zasięg charakterystyki przetwarzania w kierunku częstotliwości średnich oczywiście ogranicza możliwości zastosowania takich obudów tylko do systemów, w których może być ustalona niska częstotliwość podziału z głośnikiem średniotonowym, czy wręcz nisko – średniotonowym. Z obudowy pasmowo – przepustowej zamkniętej, która jednocześnie będzie dobrze przetwarzała częstotliwości bliskie dolnej granicy pasma akustycznego, praktycznie trudno uzyskać charakterystykę sięgającą dalej niż do 100 Hz. A niewiele głośników średniotonowych jest zdolnych bezpiecznie i bez kompresji wystartować od takiej częstotliwości. Układy dwudrożne są zupełnie wykluczone, a i większość trójdrożnych trudno będzie dostroić. To pierwszy ważny powód, dla którego obudowy pasmowo – przepustowe nie mają szans konkurować z obudowami zamkniętymi lub *bas – refleks*, w których górną granicę pasma przetwarzanego przez głośnik nisko – średniotonowy/ nisko – średniotonowy określają parametry samego głośnika i sposób jego filtrowania elektrycznego, a parametry obudowy praktycznie nie mają na to żadnego wpływu. Efekt „samofiltrowania” akustycznego obudowy pasmowo – przepustowej w niektórych opracowaniach przedstawia się też jako zaletę – dającą możliwość wyeliminowania typowego filtra elektrycznego, który poprzez cewkę, dużą zwłaszcza przy niskich częstotliwościach podziału, wprowadza choćby rezystancję szeregową, podnoszącą dobroć głośnika. Oczywiście taki argument można w ogóle rozważać tylko w sytuacji, gdy zakładana jest niska częstotliwość podziału. Ale i wtedy trudno ten efekt wykorzystać do końca w praktyce, bowiem rzeczywisty kształt charakterystyki ciśnienia z otworu układu pasmowo – przepustowego (jak również *bas – refleksu*), niestety nie pokrywa się dokładnie z przedstawioną wcześniej teorią. Niezależnie od podstawowego układu rezonansowego, którego parametry mają wyznaczać przewidywany kształt charakterystyki, w komorze rodzą się rezonanse pasożytnicze (głównie na skutek powstawania fal stojących między ściankami), a także rezonanse w tunelu otworu. Aby pozbyć

się tych „śmieci”, i tak trzeba wprowadzić filtrowanie elektryczne, chociaż będzie ono pełniło już tylko rolę pomocniczą – zwykle wystarczy filtr 1. rzędu.

Obudowa pasmo – przepustowa „zamknięta” to najprostszy wariant, zarówno konstrukcyjnie, jak i obliczeniowo. Obudowa pasmowo – przepustowa „otwarta” składa się też z dwóch komór, ale otwory mają już obydwie. W ten sposób pracuje układ dwóch systemów rezonansowych. Muszą one być dostrojone do różnych częstotliwości rezonansowych – gdyby układ był symetryczny, tzn. po obydwu stronach głośnika znajdowałyby się układy rezonansowe (komory z otworami) o identycznych parametrach, to cały system nie wytwarzałby teoretycznie żadnego ciśnienia akustycznego, bo przecież obydwie strony membrany głośnika pracują dokładnie w przeciwnych fazach, co przenosiłoby się na działanie układów rezonansowych i ostatecznie na promieniowanie ich otworów. Częstotliwości rezonansowe trzeba więc rozsunąć i to dokładnie tak, aby suma charakterystyk obydwu układów rezonansowych (uwzględniając przesunięcia fazowe), ukształtowała pożądaną charakterystykę przetwarzania całego systemu. Nie ma tutaj jednego współczynnika „rozsunęcia”, bo charakterystyki poszczególnych układów też nie są jednoznacznie zdefiniowane, mogą mieć różny kształt nawet przy określonych częstotliwościach rezonansowych. Również tutaj, na charakterystykę każdego układu rezonansowego (komory z otworem), wpływają zarówno jego własne parametry, wyjściowe parametry głośnika, jak i parametry drugiego układu rezonansowego (oddziałującej poprzez zmianę parametrów głośnika). Jak widać, rzecz jest bardzo skomplikowana, a może być jeszcze bardziej – można np. wykonać kolejny otwór, w przegrodzie, tworząc w ten sposób kolejny, wewnętrzny układ rezonansowy, którego działanie nie pozostanie bez wpływu na układy wypromieniowujące na zewnątrz. Każdy z takich układów rezonansowych oddziałuje na głośnik tak, jak układ *bas – refleks* – przy określonej częstotliwości odciąża głośnik, minimalizując wychylenie jego membrany. Mnożąc



Rys. 96. Obudowy pasmowo–przepustowe z „interportem” – zamknięta (a) i otwarta (b). Im więcej układów rezonansowych, tym układ trudniej dostroić

akustyczne układy rezonansowe wokół głośnika, możemy wprowadzać więcej takich zakresów, jednak utrudniając sobie opanowanie wypadkowej charakterystyki przetwarzania. Nie jest to zresztą w ogóle możliwe za pomocą „ręcznych” obliczeń, które mogą dotyczyć ewentualnie tylko najprostszej obudowy pasmowo – przepustowej zamkniętej. Każdy bardziej skomplikowany system wymaga pomocy komputerowych programów symulacyjnych.

Za miesiąc porównamy, na przykładzie dwóch głośników o różnych parametrach, charakterystyki dla trzech typów obudów – zamkniętej, z otworem i pasmowo–przepustowej zamkniętej.

Andrzej Kisiel

toroidalne
 transformatory mocy 50-400Hz (1-30 000VA), transformatory mocy do przetwornic SPMS, precyzyjne transformatory pomiarowe (przekładniki) prądu i napięcia, elementy indukcyjne do filtrów, do przetwornic impulsowych, elementy czujników, transformatory Ferranliego, i inne wyżej nie wymienione.

automatyka
 akustyka
 przemysł
 pomiarowa

dtw
 elektronika

www.dtw.com.pl

dtw elektronika ul. krakowska 390, 32-080 zablierzów, poland, tel.: 0048/12/283 09 50, fax:0048/12/285 35 67