

Zwrotnice głośnikowe

- zapomniane ogniwo, część 1

Artykuł ten jest adresowany do majsterkowiczów próbujących zbudować własne kolumny. Nie jest przewodnikiem konstruktorskim, lecz zwraca uwagę na wiele szczegółów układowych i elementowych, co powinno umożliwić świadomy wybór zwrotnic lub ich wstępną ocenę. Mamy nadzieję, że tym artykułem wyjaśnimy wiele zagadnień związanych z odpowiednim łączeniem głośników i rozwiemy niektóre mity krążące na temat zwrotnic, a wynikające z braku pełnej wiedzy na ten temat.

Każdy łańcuch jest tylko tak mocny, jak najsłabsze jego ogniwo! Warto pamiętać o tej, nie tylko filozoficznej, prawdzie, gdy przyglądamy się swojemu kącikowi audio.

Ku memu zdziwieniu, wielu użytkowników domowego sprzętu nagłaśniającego z niebywałą wnikliwością szuka w dołączanych do niego opisach danych katalogowych lub danych technicznych swoich cacuszek. Często parametry te nie mają bezpośredniego wpływu na jakość uzyskiwanego dźwięku. Jeśli już wpływ taki mają, to znikomy procent słuchaczy uświadomi sobie znaczenie danego parametru. Nie przeszkadza im to jednak przeliczowywać się poszczególnymi wskaźnikami. Zazwyczaj licytacja idzie w złym kierunku! Ale co zrobić, gdy ucho nie jest w stanie, a wiedzy nie staje? Również producenci zaczynają podawać szczegóły konstrukcyjne mające oczywiście wpływ na jakość, często jednak w sposób niemierzalny lub nieistotny dla normalnego słuchacza.

Przykładem może być informowanie nabywcy odtwarzacza kompaktowego o długości fali światła diody laserowej czy częstotliwości próbkowania przetwornika cyfrowo-analogowego. Producenci wzmacniaczy zaczynają pisać nie tylko o klasie pracy, ale podają wręcz rozwiązania układowe. Wiemy, że wybrany przez nas sprzęt ma końcówkę mocy „na fetach“, płyt-

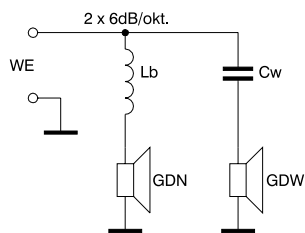
kie sprzężenie zwrotne, stabilizowane punkty pracy wzmacniacza napięciowego, transformatory zasilacza nawinięte miedzią beztlenową, specjalne, złożone kondensatory elektrolityczne do filtrowania itd. Tak perfekcyjnie wykonane źródła zasilania oraz wzmacniacz przenoszący od 0Hz do 100kHz zawsze zostają obciążone zestawem głośnikowym. Zestaw ten jest wnikliwie oglądany przez klienta pod kątem liczby głośników (przeważnie im więcej, tym lepiej), rozmiarów i rodzaju głośników. Czasami istotne dla kupującego jest również to, czy zaciski wejściowe są aby na pewno złożone!

Jeśli zaliczasz się do tych niewielu ludzi, którzy potrafią rozpoznać uchem, jakiej firmy miotełek jazzowych akurat teraz użył perkusista lub ile procent czystego srebra mają talerze używane przez zespół X na koncercie w Y, to musisz ocenić jedynie możliwości swojego portfela i studiować rzeczywiście skrupulatnie wszystkie dane o sprzęcie!

Wszystkie szczegóły konstrukcyjno-układowe są oczywiście ważne. Należy jednak zdawać sobie sprawę z ich wagi i znaczenia - można przecież kupić opony Pirelli do konnej furmanki - tylko po co?! Działanie takie wydaje się pozbawione sensu.

O wspomnianych wyżej elementach toru akustycznego można wiele przeczytać w różnego rodzaju publikacjach. Możemy określić dość dokładnie ich klasę, czyli wypadkowy wskaźnik ja-





Rys. 1.

kości, począwszy od tunera, odtwarzacza CD czy magnetofonu, poprzez korektor, wzmacniacz, odpowiednie kable głośnikowe, a na gotowej kolumnie głośnikowej kończąc. Uświadamia też wpływ parametrów filtrów na jakość toru akustycznego, w porównaniu z parametrami pozostałych elementów tego toru, czyli innych ogniw obróbki sygnału.

W przypadku kolumn głośnikowych parametry podawane przez producenta mówią najmniej. Dlatego klienci przyglądają się dokładnie użytym głośnikom oraz, coraz częściej, poddają kolumny subiektywnym badaniom odsłuchowym. Ze względu na astronomiczne ceny dobrych zestawów, kolumny głośnikowe są wciąż najczęściej samodzielnie montowanym elementem domowego wyposażenia audio.

W łańcuszku sygnału akustycznego znajduje się również zwrotnica, o której zazwyczaj zapominamy. Ogólne wyobrażenie jest takie, że wystarczy zdobyć niezłe głośniki, skopiować obudowę z dobrego „przodka” i gotowe. A zwrotnica?

Na podstawowe pytanie: kupić gotową zwrotnicę czy wykonać ją samemu, można odpowiedzieć dopiero po zapoznaniu się z parametrami zwrotnic, ich funkcją, możliwościami wykonawczymi i określeniu wymagań. Dylemat ten będzie więc rozstrzygnięty dopiero pod koniec artykułu.

Etapy i nomenklatura

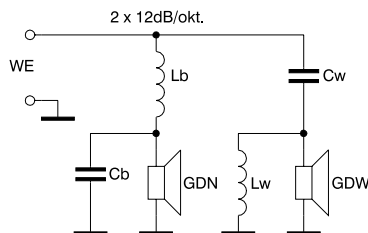
Decydując się na samodzielną budowę kolumn głośnikowych natkniemy się na problem filtrów, czyli zastosowania odpowiedniej zwrotnicy. Budowanie dobrych zestawów głośnikowych to zajęcie trudne, pracochłonne i wymagające prawie absolutnego słuchu.

Aby samodzielnie zbudować „dobrą” kolumnę należy:

- zastosować odpowiednie głośniki;
- wykonać właściwą obudowę;
- dobrać zwrotnicę odpowiedniej klasy do zastosowanych głośników i założeń jakościowych.

Pamiętać należy, że niespełnienie choćby jednego z powyższych warunków całkowicie zniweczy trud i nie zrekompensuje kosztów poniesionych przy realizacji pozostałych! Dlatego tak ważne jest, aby świadomie wybierać nie tylko markowy głośnik, ale i stosowną zwrotnicę głośnikową.

Z punktu widzenia elektrycznego, zwrotnica jest złożeniem co najmniej



Rys. 2.

dwóch filtrów prądowych. Pojedyncze filtry są stosowane również w kolumnach. Dla jasności określeń użyta zostanie wówczas wyraźnie nazwa „filtr”. Ze względu na panujący bałagan nomenklaturowy umówmy się, że używając określenia „zestaw głośnikowy” rozumiemy pod nim cały system złożony często z kilku „kolumn głośnikowych”, nie wdając się w dywagacje nad mniejszą czy większą poprawnością tych określeń. I tak na przykład domowy zestaw głośnikowy może składać się z kolumny sub-basowej i dwóch kolumn satelitarnych.

Do czego służą zwrotnice głośnikowe?

Zwrotnica głośnikowa spełnia trzy podstawowe zadania w układzie:

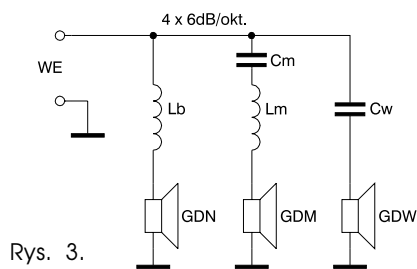
1. Rozdziela dostarczony sygnał akustyczny, mieszczący się zwykle w przedziale częstotliwości od 20 Hz do 20000 Hz, pomiędzy głośniki wyspecjalizowane w przetwarzaniu sygnału pewnych zakresów częstotliwości. Dodatkowo zwrotnica pozwala jednocześnie na efektywne zabezpieczenie głośników przed zniszczeniem przez sygnał o nieodpowiedniej dla danego głośnika częstotliwości. Fachowcy twierdzą, że nic tak skutecznie nie zabezpiecza głośników, jak dobra zwrotnica!

I tak, w zestawie dwudrożnym, do głośnika nisko-średniotonowego kierowana jest ta część sygnału, która zawiera częstotliwości od 0 do ok. 4000 Hz. Sygnał o pozostałej części widma jest doprowadzany do głośnika, który potrafi przetworzyć go znacznie lepiej. Zwykle jest to głośnik tubowy lub kopułkowy.

Rozdzielenie sygnału jest potrzebne nie tylko dlatego, że głośnik niskotonowy nie może przetworzyć w falę akustyczną sygnału prądowego o częstotliwości np. 12 kHz, ale również dlatego, że prądy o częstotliwościach nie przetwarzanych przez głośnik, płynęłyby przez niego, niepotrzebnie obciążając cewkę głośnika oraz wzmacniacz.

W wielu kolumnach głośnikowych niskiej jakości, gdzie wysokotonowy głośnik odseparowano jedynie kondensatorem, ma miejsce taki właśnie przypadek. Na tak oszczędne rozwiązania można sobie pozwolić jedynie w przypadku małej mocy wzmacniacza i zapasu mocy głośnika niskotonowego.

O ile skierowanie całego sygnału w kolumnie dwudrożnej na głośnik



Rys. 3.

niskotonowy zagraża jedynie wzmacniaczowi oraz powoduje „wyjadanie” części sygnału, którą mógłby przetworzyć głośnik wysokotonowy, o tyle niemożliwe jest skierowanie całego sygnału na głośnik wysokotonowy. Głośnik ten, przystosowany do przetwarzania wysokich częstotliwości, „nie przeżyje” zasilania sygnałem niskotonowym. Większość mocy akustycznej jest niesiona niskimi częstotliwościami, dlatego rzeczywiste, dopuszczalne moce głośników wysokotonowych wahają się od ułamków, do pojedynczych watów! Celowo podawane przez wytwórców (chyba ze względów reklamowych) moce głośniczków, np. kopułkowych, informują „do jakiej nominalnej mocy zestawu” może być użyty dany głośnik. Można się tego dowiedzieć dopiero po wnikliwym zapoznaniu z pełnymi danymi katalogowymi głośniczka.

Właśnie z powyższych powodów, nawet najprostsze dwudrożne zestawy posiadają namiastkę zwrotnicy w postaci kondensatora zabezpieczającego głośniczek wysokotonowy. Oczywiście, impedancja takiej kolumny w funkcji częstotliwości pozostawia wiele do życzenia. Rozdzielenie sygnału akustycznego na dwa bardzo dobre, wyspecjalizowane głośniki jest w pełni wystarczające do odsłuchu domowego, co potwierdzają nowe konstrukcje wysokiej klasy zestawów, czołowych firm światowych. Zestawy trójdrożne stosuje się wówczas, gdy posiadane głośniki nie są w stanie pokryć całego pasma akustycznego lub w zestawach specjalizowanych, konstruowanych dla specyficznych aplikacji.

Dzielenie sygnału na więcej niż trzy tory, przy parametrach obecnie produkowanych głośników, wydaje się niecelowe. Budowanie natomiast kolumn pięcio- i więcej kanałowych świadczy jedynie o niezrozumieniu istoty dzielenia pasma akustycznego i może wyraźnie pogorszyć przetwarzany obraz muzyczny ze względu na nakładanie się wielu problemów elektronicznych i akustycznych. W warunkach amatorskich należy stanowczo poprzestać na układach trójdrożnych z sugestią zdobycia bardzo dobrych głośników i budowy zestawu dwudrożnego!

2. Zabezpiecza wzmacniacz przed spadkiem wypadkowej impedancji całego zestawu, różnie połączonych głośników, poniżej dozwolonej dla danego wzmacniacza wartości (najczęściej 4Ω).

Gdyby do kolumny doprowadzić sygnał sinusoidalny o częstotliwościach rosnących od zera do 20 kHz, to w poprawnie skonstruowanym układzie „grałyby“ kolejne głośniki, zachodząc na siebie łagodnie w punktach podziału, a impedancja wypadkowa (widziana przez wzmacniacz), dla każdej częstotliwości, byłaby większa od nominalnej.

Niestety, w praktyce sygnał nie jest sinusoidą, lecz zawiera bardzo dużo harmonicznych, co powoduje, że filtry kierują „dźwięk“ do dwóch lub więcej głośników jednocześnie, a to może powodować przeciążanie wzmacniacza. Oczywiście, problemy spadku impedancji zespolonej są o wiele bardziej złożone.

Ze względu na charakter artykułu nie zagłębiany się w teoretyczne wywody, podkreślając, że jakość zastosowanych zwrotnic ma podstawowe znaczenie dla utrzymania właściwej impedancji oraz fazowości w całym pasmie, a co za tym idzie, dla bezpiecznej pracy wzmacniacza.

3. Koryguje wypadkowy obraz dźwiękowy. Ważną, a często celowo nie eksponowaną, funkcją zwrotnicy jest korygowanie niedostatków gotowej kolumny. Za pomocą zwrotnicy można również kształtować, podobnie jak korektorem (z tą jednak różnicą, że na stałe) ogólny obraz dźwiękowy kolumny. W praktyce wykorzystuje się to często w kolumnach specjalnych (np. ograniczając pasmo w kolumnach kościelnych). Innym razem precyzyjnie niwelując nierównomierności charakterystyki w kolumnach monitorowych (badawczo-pomiarowe kolumny bez podbarwień).

Podstawowe rodzaje zwrotnic i ich parametry

W akustyce powszechnie stosuje się rachunek decybelowy, a co za tym idzie skalę logarytmiczną, nie tylko w odniesieniu do ciśnień akustycznych, ale również do określania wartości elektrycznych. Dlatego wszystkie wykresy tłumień są opisywane i przedstawione w skali logarytmicznej.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze pojęcie oktawy. Oktawą nazywamy taki dowolny przedział częstotliwości, którego wartość górnej granicy jest dwukrotnie większa od wartości granicy dolnej. Np. przedział częstotliwości od 1 kHz do 2 kHz to jedna oktawa. Również przedział od 16 Hz do 32 Hz, to też jedna oktawa. W akustyce przyjęto, że całe pasmo użytkowe (słyszalne), to 10 oktaw.

Kolejne oktawy temperowanej skali muzycznej to: 16,4-32,8-65,6-131,2-262,4-524,8-1049,6-2099,2-4198,4-8396,8-16793,4 Hz.

Pierwszego podziału zwrotnic można dokonać, ze względu na liczbę torów sygnału:

- zwrotnice dwudrożne - z jedną częstotliwością podziału;
- zwrotnice trójdrożne - z dwiema częstotliwościami podziału, itd;
- zwrotnice odgałęźnikowe - w istocie są to zwrotnice dwudrożne z bardzo niskim podziałem.

Sygnał niskotonowy kieruje się na zestaw sub- lub niskotonowy, a sygnał reszty pasma nie na głośnik, lecz na kolumnę satelitarną, która może być dwu- lub trójdrożna, z własną zwrotnicą. Zwrotnice odgałęźnikowe nazywamy też superbasowymi. W konstrukcjach filtrów głośnikowych przyjęto, że skrajne pasma nie są ograniczane. Oznacza to, że w zwrotnicy dwudrożnej pracuje filtr dolnoprzepustowy, od 0 Hz, a nie np. od 20 Hz, do częstotliwości podziału. Filtr górnoprzepustowy od częstotliwości podziału bez ograniczeń w górę, a nie np. do 20 kHz. Bywają oczywiście wyjątki, ale zdarzają się rzadko i jedynie w zastosowaniach specjalnych i profesjonalnych.

Drugi podział zwrotnic jest możliwy ze względu na impedancje obciążenia:

- zwrotnice typowe (4Ω);
- zwrotnice typowe (8Ω);
- zwrotnice mieszane (4/8 i 8/4Ω);
- zwrotnice nietypowe (np. „Bolero“ 6/15/15Ω).

Należy zwrócić uwagę, aby wyjścia zwrotnicy były dopasowane do przyłączanych głośników!

Trzeci podział zwrotnic jest możliwy ze względu na zastosowanie (częściowo pokrywa się to z ogólnie rozumianą jakością):

- zwrotnice popularne, do zastosowań w sprzęcie powszechnego użytku;
- wysokiej klasy, do zastosowań w sprzęcie dla audiofilów - TOP HI-FI;
- estradowe, zwykle dużej mocy i konstrukcyjnie dzielone na pojedyncze filtry;
- samochodowe, zaopatrzone we własną obudowę i dodatkowo zabezpieczone przed wstrząsami;
- specjalne, np. do indywidualnych systemów nagłośnieniowych, katedralnych, teatralnych itp.

Kolejnego, czwartego podziału zwrotnic można dokonać biorąc pod uwagę skuteczność tłumienia, czyli słabsze lub mocniejsze odseparowanie poszczególnych głośników od siebie:

- zwrotnice z filtrami 6 dB/okt;
- zwrotnice z filtrami 12 dB/okt;
- zwrotnice z filtrami 18 dB/okt;
- zwrotnice z filtrami 24 dB/okt. (rzadko spotykane);
- zwrotnice z tłumieniami mieszanymi.

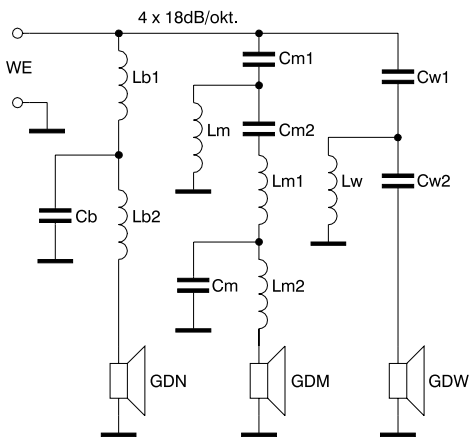
Silniejsze tłumienia nie są potrzebne, a ze względu na nieliniowość, impedancyjny charakter obciążenia, są w praktyce niewykonalne jako dobre filtry biernie.

Kolejny, piąty podział zwrotnic wynika z wypadkowego tłumienia kolumn:

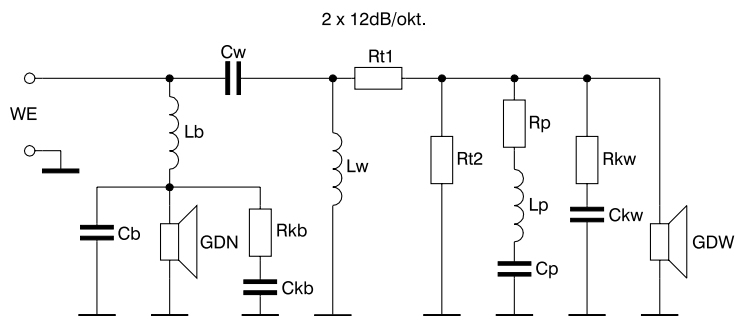
- zwrotnice liniowe;
- zwrotnice korygujące.

Ostatni, szósty podział zwrotnic wynika z zastosowanych przez konstruktora odpowiednich rozwiązań układowych:

- z pojedynczymi ogniwami filtrującymi (6 dB/okt, rys. 1);
- złożenia typu G (12 dB/okt, rys. 2);
- szeregowe obwody rezonansowe (6 dB/okt, rys. 3) - głośnik średniotonowy;
- złożenia typu T (18 dB/okt, rys. 4);
- układy mieszane;
- konstrukcje „pełne“ z korektorami impedancji głośników, szeregowymi pułapkami częstotliwości rezonansowych i z tłumikami efektywności (rys. 5).



Rys. 4.



Rys. 5.

Zwrotnica wykonana zgodnie z rys. 1 o nachyleniu 2x6 dB/okt.

Jest to najprostsza z możliwych, poprawnie działająca zwrotnica. Stosuje się ją w kolumnach o niewielkich wymaganiach na równomierność charakterystyki. Stosując taką zwrotnicę, należy zwrócić uwagę na podobną efektywność głośników, czyli zastosować dobry głośnik niskotonowy i „słaby” wysokotonowy. Obydwa jednak głośniki powinny mieć spory zapas mocy, ze względu na stosunkowo szerokie pasmo pracy.

Oczywiście, zagadnienie należy odwrócić. To zwrotnicę dobieramy do wymagań jakościowych i posiadanych głośników, a nie na odwrót! Wybór takiej zwrotnicy należy traktować jako oszczędnościowy, zapewniający niezbędne minimum jakościowe.

Zwrotnica wg rys. 2 o nachyleniu 2x12 dB/okt.

Najbardziej rozpowszechniony rodzaj zwrotnicy, ze względu na tłumienia wystarczające do dobrego zabezpieczenia głośników, brak niespodzianek fazowych oraz możliwość współpracy z różnymi głośnikami. Wystarczy zadbać jedynie o właściwe impedancje dołączanych głośników. W przedstawionym na rysunku przykładzie nie zastosowano elementów korekcji impedancji i efektywności głośników.

Zwrotnica wykonana wg rys. 3 o nachyleniu 4x6 dB/okt.

Najprostsza zwrotnica trójdrożna (typu ALTUS), spełniająca jedynie podstawowe funkcje zabezpieczające. Doskonała do kolumn szkolnych, kawiarńskich i pomocniczych. Do głośnego słuchania muzyki rockowej w domu, gdy nad perfekcyjną jakością przedkładamy „czad“!

Zwrotnica wykonana wg rys. 4 o nachyleniu 4x18 dB/okt.

Układy o silnych tłumieniach stosujemy tam, gdzie chcemy maksymalnie „wycisnąć” głośniki. Ciągła moc doprowadzona do głośnika przez taką zwrotnicę może być zbliżona do maksymalnej mocy głośnika w jego pasmie pracy. Np. do głośnika o mocy nominalnej 60W (maksymalnej 100W) można bez obawy, w sposób ciągły, doprowadzać moc ok. 90W!

W przypadku zwrotnic 6 i 12dB zaleca się nie przekraczać mocy znamionowej (nominalnej). Zwrotnice 18dB/okt. polecam tym, którzy zdobyli bardzo dobre głośniki, ale za słabe mocowo do posiadanego wzmacniacza. Im większe tłumienie filtrów zwrotnicy, tym lepsze zabezpieczenie głośników! Zagadnienie można też odwrócić. Jeśli posiadamy duży zapas mocy na głośnikach w stosunku do wzmacniacza, nie musimy stosować drogich zwrotnic 18 dB.

Przedstawione na rys. 1.5 przykładowe rozwiązania układowe charakteryzują się dużą równomiernością tłumienia. Oznacza to, że na zboczach charakterystyki każdego filtra, z których złożona jest zwrotnica, nachylenie charakterystyki tłumienia jest jednakowe. Upraszcza to znacznie strojenie zwrotnicy i nie powoduje tzw. siodełek i wzmocnień mocy wypadkowej dla całego pasma. Charakterystyki poszczególnych filtrów powinny, w takich przypadkach, przecinać się na poziomie -3dB. Jedynie dla tłumień 6dB/okt., w zwrotnicach dwudrożnych, przyjmuje się często poziom -6dB. Dla charakterystyk napięciowych poziom -6dB odpowiada dwukrotnemu spadkowi napięcia. Przy operowaniu jednak pojęciami mocy, dwukrotnie jej spadek wyraża się poziomem - 3dB w skali napięcia.

Na rys. 6 i 7 przedstawiono rzeczywiste charakterystyki zwrotnic trójdrożnych, obciążonych głośnikami, w których tłumienia nie są równomierne. Na rys. 6 zbocza opadające, tzn. krzywa tłumienia głośnika niskotonowego i prawe zbocze krzywej tłumienia głośnika średniotonowego, mają spadek 12dB/okt. Natomiast zbocza rosnące, tzn. lewe zbocze krzywej tłumienia głośnika średniotonowego i krzywa tłumienia głośnika wysokotonowego, mają nachylenie 6dB/okt. Częstotliwości podziału tej zwrotnicy wynoszą 1160 Hz i 6000 Hz.

Na rys. 7 tłumienie głośnika średniotonowego jest silniejsze (po 12dB/okt. z obu stron), natomiast zbocza głośnika nisko- i wysokotonowego mają tłumienia po 6dB/okt. Częstotliwości podziału to 700Hz i 4600Hz.

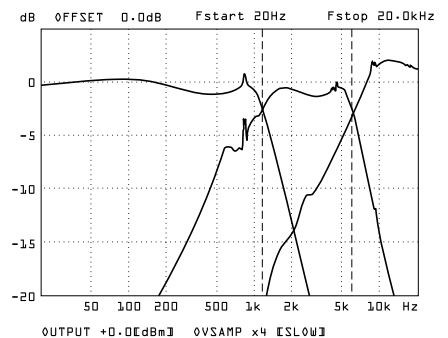
Funkcje elementów

W celu wyjaśnienia funkcji poszczególnych elementów konstrukcyjnych, najbardziej typowej 12dB zwrotnicy, omówiono je szczegółowo na przykładzie zwrotnicy dwudrożnej z rys. 5

Cewka Lb i kondensator Cb są właściwymi elementami filtrującymi sygnał dla głośnika niskotonowego.

Kondensator Cw i cewka Lw filtrują sygnał dla głośnika wysokotonowego. Dwójnik szeregowy Rkb, Ckb jest korektorem impedancji głośnika niskotonowego. Podobnie jak dwójnik Rkw, Ckw dla głośnika wysokotonowego.

Korektor impedancji w przypadku głośnika niskotonowego kompensuje indukcyjny charakter impedancji cewki głośnika dla dużych częstotliwości, dzięki czemu wypadkowa oporność cewki głośnika i korektora dla całego pasma pracy nie ulega gwałtownemu wzrostowi i jest zbliżona bardziej do rzeczywistej rezystancji. Pozwala to na mniejsze przesunięcia fazowe, co poza walorami akustycznymi umożliwia pełniejsze wydzielanie mocy rzeczywistej na cewce głośnika.



Rys. 6.

Szeregowo połączone elementy Rp, Lp i Cp stanowią pułapkę dostrojoną do częstotliwości rezonansowej głośnika wysokotonowego. Pułapka taka wymaga bezwzględnie strojenia w gotowej zwrotnicy z podłączonym głośnikiem i dlatego jest rzadko stosowana. Jednak w zwrotnicach wyższej klasy, gdzie zadbano o liniowy przebieg charakterystyki filtrów, można spotkać „pułapki rezonansowe” również dla głośnika średniotonowego.

Dzielnik złożony z rezystorów Rt1 i Rt2 jest typowym tłumikiem pozwalającym wyrównać efektywności głośników. Zwykle tłumienia wymagają głośniki średnio- i wysokotonowy, ponieważ są sprawniejsze od głośników niskotonowych.

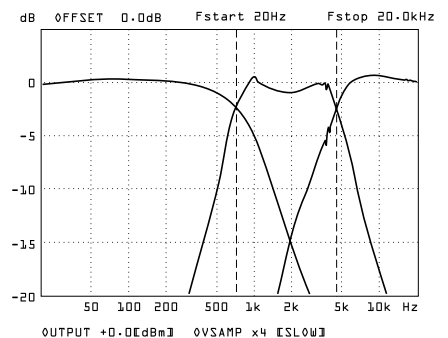
Dopuszczalna, przenoszona przez zwrotnicę moc elektryczna

Ten parametr jest wspólny dla wszystkich rodzajów zwrotnic. Obecnie górna granica mocy, dla której stosuje się filtry biernie, wynosi ok. 300W.

Dla większych mocy dobra zwrotnica osiąga monstrualne rozmiary i wysokie ceny. W takim przypadku rozsądniej jest zastosować zwrotnice aktywne w postaci przedwzmacniaczy pasmowych i kilku końcówek mocy.

Janusz Bogusławski

Autor dziękuje firmie PPH „JANBO” z Wołomina za udostępnienie wybranych egzemplarzy zwrotnic oraz aparatury do pomiarów i sporządzenia przedstawionych wykresów.



Rys. 7.