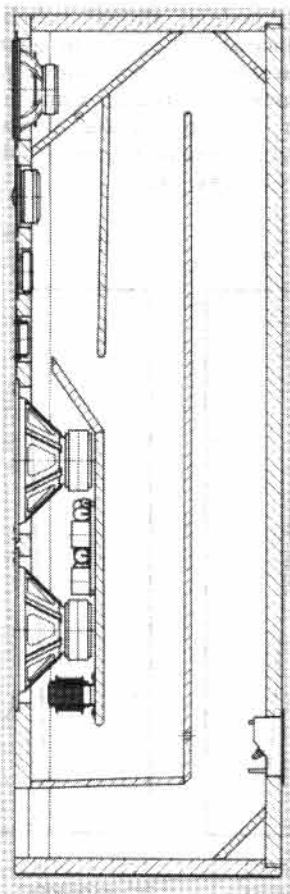


# Obudowy głośnikowe, część 8

## "Linia transmisyjna", cd.

Największym problemem funkcjonowania obudowy z wytłumionym labiryntem - "linii transmisyjnej" są antyrezonanse, pojawiające się gdy fala promieniowana przez tylną stronę membrany zostaje tak przesunięta w fazie na drodze do wylotu labiryntu, że jest wypromieniowana w fazie przeciwnej do fazy promieniowania przedniej strony membrany (zjawisko to występuje, gdy w labiryncie „układają się” pełne długości fali, kiedy wylot labiryntu promieniuje w fazie z promieniowaniem tylnej strony membrany).



Rys. 1. Pięciostrożny układ T+A TMR 230 zawiera dwa głośniki nisko-tonowe w linii transmisyjnej i głośnik nisko-średniotonowy w komorze zamkniętej.

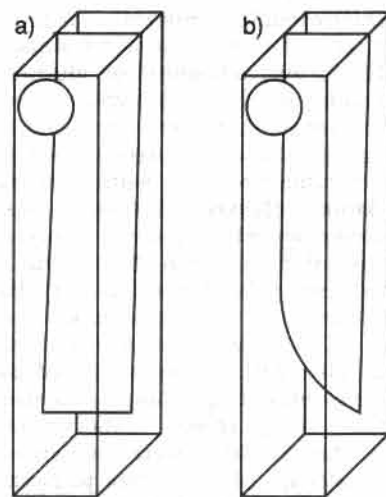
Podstawowym zabiegiem przeciwdziałającym jest wytłumienie, które jednak nie spełnia swojej roli doskonale. Podczas gdy skuteczne jest w zakresie kilkuset Hz, to szczególnie niekorzystnie zaznacza się pierwszy antyrezonans, występujący w zakresie stukilkudziesięciu Hz. Jego dokładne położenie zależy od długości labiryntu - linii transmisyjnej. Niestety, przesuwanie w kierunku częstotliwości wyższych - poprzez skracanie labiryntu nie jest wskazane. Dla uzyskania dobrego przetwarzania najniższych częstotliwości linia musi być odpowiednio długa, co lokalizuje pierwszy antyrezonans dość nisko i czyni walkę z nim trudniejszą. (W przykładzie z EP 2/95, przy tunelu o długości ok. 2,9m, dającym zysk sprawności przetwarzania w zakresie 20-100Hz, antyrezonans występuje w okolicach 120Hz). Poza wytłumieniem pozostaje kilka innych sposobów, mogących w mniejszym lub większym stopniu pomóc w rozwiązaniu tego problemu.

Najlepszym z nich jest stosowanie głośnika nisko-tonowego w obudowie z labiryntem w systemie wielodrożnego zespołu głośnikowego, w którym głośnik średniotonowy, a w zasadzie nisko-średniotonowy (szczególnie w układach czterodrożnych) przejmuje przetwarzanie od częstotliwości, przy której głośnik nisko-tonowy pracowałby w antyrezonansie labiryntu. Niska częstotliwość podziału między głośnikiem nisko-tonowym, a nisko-średniotonowym wymaga zastosowania dużego - najpewniej 16cm głośnika nisko-średniotonowego, o niskiej częstotliwości rezonansowej i innych parametrach umożliwiających zastosowanie go w takiej roli. Oczywiście, pracuje on w odseparowanej, zamkniętej komorze obudowy, tak że na jego działanie w żaden sposób nie wpływa konstrukcja labiryntu. Pomysł taki jest dość kosztowny - niemożliwy do wykorzystania w układach dwudrożnych, wymagający bardzo dobrego głośnika nisko-średniotonowego w układach trój- i czterodrożnych, co z kolei ma sens przy zastosowaniu dużego głośnika nisko-tonowego. Jednak rozwiązuje problem w zarodku - eliminuje z zakresu pracy głośnika nisko-tonowego wszystkie potencjalne antyrezonanse; nawet wytłumienie nie jest już tutaj czynnikiem decydującym i można zastosować tylko niewielką jego ilość. Na rys. 1 przedsta-

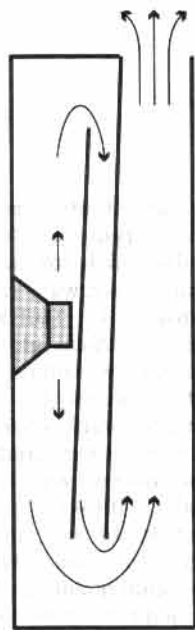
wiono pięciodrożny zespół głośnikowy T+A TMR 230, w którym dwa 30-centymetrowe głośniki nisko-tonowe (pracujące w labiryncie) pokrywają zakres do częstotliwości ok. 150Hz, powyżej której działa już 20cm głośnik nisko-średniotonowy (w komorze zamkniętej, u szczytu obudowy).

Dla systemów dwudrożnych i trójdrożnych z małym głośnikiem średniotonowym, wyznaczającym wysoką częstotliwość podziału, istnieją inne możliwości. Labirynt może być tak „przebiegłe” skonstruowany, że antyrezonanse będą co najmniej znacznie słabiej zaznaczone. Jednym z zabiegów (stosowany m.in. przez firmę ECOUTON) jest odpowiednie wyprofilowanie przegrody formującej labirynt (rys. 2).

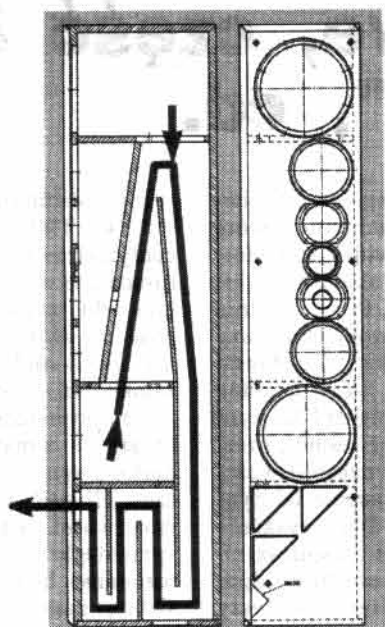
Większa część ciśnienia akustycznego, wytworzonego przez tylną stronę membrany przechodzi najdłuższą drogą od głośnika do wylotu, tam gdzie powierzchnia wycięcia w przegrodzie jest największa. Część energii przepuszczona jest krótszą drogą, zwiężającą się szczeliną. Ta część fal, przechodząca krótszą drogą, znajduje się w wylocie tunelu, w fazie przesuniętej względem fali biegnącej najdłuższą drogą. Gdy występuje antyrezonans dla najdłuższej, podstawowej drogi labiryntu, fala promieniowana drogą krótszą korzystnie uzupełni pracę układu, „wypełniając”



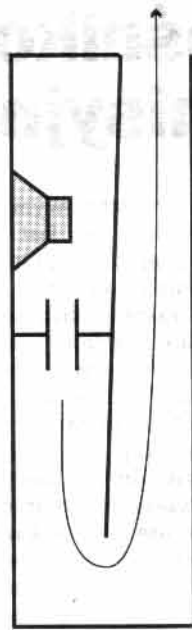
Rys. 2. a) konstrukcja typowa; b) wyprofilowane przegrody różnicują drogę, jaką przebywa fala od tylnej strony membrany do wylotu linii transmisyjnej.



Rys. 3. Fala promieniowania przez tylną stronę głośnika kierowana jest do wylotu dwoma drogami różnej długości.



Rys. 4. Dwa głośniki niskotonowe T+A T230 umieszczone zostały w różnych odległościach od wylotu linii transmisyjnej.



Rys. 5. Tunel linii transmisyjnej znajduje się za komorą bass-reflex.

zapadłość na charakterystyce częstotliwościowej. W miarę skracania drogi, coraz mniejsza część energii jest nią przepuszczana, dzięki płynnemu zmniejszaniu się przekroju.

Podobnym rozwiązaniem, nie wymagającym profilowania przegrody, jest wyprowadzenie ciśnienia od tylnej strony membrany dwoma różnej długości drogami, które na pewnym odcinku mogą być już wspólne, prowadząc do wspólnego wylotu (rys. 3, również rys. 1).

Odpowiednio obliczona różnica dróg może zapewnić, że antyrezonanse dla obydwu odległości od głośnika do wylotu nie będą na siebie zachodzić w szerokim zakresie, do kilkuset Hz, gdzie skutecznie działać będzie już wytlumienie. Przy jednej drodze dwukrotnie dłuższej od drugiej, można nawet wypełnić pierwszy antyrezonans dłuższej drogi (np. 2,9m - układa się cała długość fali 120Hz - antyrezonans) - rezonansem krótszej drogi (1,45m - gdzie układa się połowa fali 120Hz - rezonans). Jednak wówczas przy drugim antyrezonansie dłuższej drogi (2,9m - układają się dwie długości fali 240Hz - antyrezonans) wystąpi równocześnie pierwszy antyrezonans krótszej drogi (1,45m - układa się jedna długość fali 240Hz - antyrezonans). Jeśli w tym zakresie częstotliwości pracować będzie już głośnik średnionowy lub skuteczne będzie działanie wytlumienia, to nie

ma problemu. W każdym razie tracimy część sprawności przetwarzania najniższych częstotliwości, odpowiednio do części energii przechodzącej krótszą drogą, dla której wyższa jest dolna częstotliwość graniczna wzmacniającego działania labiryntu.

W praktyce należy tak uformować labirynt, aby większa część energii przybywała dłuższą drogą, a więc była kierowana drogą o większym przekroju (podobnie jak przy profilowanej przegrodzie). Ponadto, dla zadowalającego wyrównania charakterystyki częstotliwościowej i dla zapewnienia jak najlepszego przetwarzania najniższych częstotliwości, dodatkowa, krótsza droga powinna wynosić ok. 3/4 podstawowej długości labiryntu.

Podobny efekt, jak przy prowadzeniu dwóch różnej długości dróg od tylnej strony membrany jednego głośnika, daje zastosowanie w jednym labiryncie dwóch głośników niskotonowych, umieszczonych w różnych odległościach od wylotu. Dobrym przykładem znowu służy konstrukcja firmy T+A (rys. 4)

Opis zjawiska jest taki sam jak w przypadku poprzednim, antyrezonanse każdego z głośników są przesunięte na skali częstotliwości, dzięki czemu wypadkowa charakterystyka częstotliwościowa jest bardziej wyrównana. Zastosowanie dwóch głośników niskotonowych podnosi, rzecz jasna, koszty, ale jeśli z innych za-

łożeń konstrukcyjnych wynika taka konieczność, to należy wykorzystać to jako okazję dla przeprowadzenia wspomnianego zabiegu zróżnicowania ich położenia względem wylotu tunelu. Dwa głośniki nisko-tonowe wymagają oczywiście zwiększenia przekroju tunelu odpowiednio do sumy powierzchni membran.

Zupełnie inną metodą jest powiązanie działania linii transmisyjnej z dolnoprzepustowymi właściwościami obudowy, z otworem (bass-reflex). Jeśli za głośnikiem niskotonowym znajdować się będzie komora z otworem, to przez otwór do labiryntu promieniowane będą częstotliwości tylko zakresu ograniczonego częstotliwością rezonansową układu bass-reflex (podatność powietrza w komorze - masa powietrza w otworze). Dopiero tak przefiltrowana energia tylnej strony membrany, w zakresie częstotliwości poniżej pierwszego antyrezonansu labiryntu, przedostaje się do tunelu i zostaje wypromieniowana przez wylot. Wyższe częstotliwości, które byłyby promieniowane przez wylot w fazie przeciwnej do fazy promieniowania przedniej strony membrany, zostają „zatrzymane” w komorze. Przednia strona membrany może pracować w szerokim zakresie częstotliwości, nie niepokoiona przez antyrezonanse labiryntu, wzmocniona w swoim działaniu przez pierwszy, pożyteczny rezonans ćwierćfalowy i półfalowy (rys. 5).

*Cd. na stronie 78*



Rys. 6. Linia transmisyjna - bass-reflex w konstrukcjach firmy TDL.



Rys. 7 Linia transmisyjna wg projektów firmy ISOPHDN - wyraźne zwężenie tunelu w połowie długości.

*Cd. ze strony 74*

Wiele rozwiązań jest czymś pośrednim między przedstawioną powyżej koncepcją, klasyczną linią transmisyjną i klasyczną obudową z otworem. Za głośnikiem niskotonowym znajduje się duża komora, z której bezpośrednio wyprowadzony jest długi tunel (rys. 6).

Można taką konstrukcję konsekwentnie rozpatrywać, jako obudowę z linią transmisyjną, biorąc pod uwagę przekrój tunelu i odległość od tylnej strony membrany do wylotu tunelu, i obliczać wynikające stąd rezonanse i antyrezonanse labiryntu. Można też całość rozważać jako bass-reflex, uwzględniając pojemność komory za głośnikiem i średnicę wraz z długością tunelu, i obliczać częstotliwość rezonansową tak opisanego układu bass-reflex. Dzięki dużej powierzchni wylotu (w przybliżeniu równej powierzchni membrany) działanie układu rezonansowego bass-reflex jest bardzo

efektywne (powierzchnia typowego otworu równa się najczęściej tylko 10-20% powierzchni membrany, co wynika m.in. z ograniczonej długości tunelu). Dzięki długiemu tunelowi przekrój może być tak duży, a także nie występuje gwałtowny spadek sprawności przetwarzania poniżej częstotliwości rezonansowej układu bass-reflex, typowy dla klasycznych obudów tego typu z krótkim tunelem.

Poniżej częstotliwości rezonansowej bass-reflex tylna strona membrany przepompowuje powietrze przez tunel, a przy bardzo krótkiej drodze od tylnej strony membrany do wylotu, przednia strona i wylot tunelu pracują wówczas w przeciwfazie. Przy bardzo długim tunelu faza zostanie korzystnie przesunięta, zgodnie z podstawową zasadą działania obudowy labiryntowej.

Obudowa tego typu jest od wielu lat stosowana przez firmę TDL. Reklamuje ona swoje konstrukcje jako obudowy z linią transmisyjną, chociaż przypominają one swoim działaniem obudo-

wy bass-reflex, w co najmniej równym stopniu.

Możliwych jest wiele wariantów pośrednich, bliższych obudowie bass-reflex lub klasycznej linii transmisyjnej, w zależności od tego, czy wejście do tunelu jest mniej lub bardziej zaznaczone w stosunku do komory znajdującej się za głośnikiem. W projektach obudów firmy ISOPHON (przeznaczonych do samodzielnego wykonania), zwężenie się przekroju do wielkości powierzchni membrany następuje dopiero w połowie długości tunelu i chociaż nie jest tak gwałtowne jak w obudowach TDL, to jednak pierwszą część labiryntu można uznać za komorę o określonej objętości i podatności, a drugą część za tunel o określonej masie powietrza (rys. 3). W kolejnym numerze EP przedstawimy dwa projekty linii transmisyjnych oparte na głośnikach różnej wielkości.

**Andrzej Kisiel**