

Ze względu na cenę i jakość, testowane urządzenie jednoznacznie kwalifikuje się do hi-endu, chociaż aż się prosi, żeby uznać je za ekstremalny przypadek low-endu. No tak, pewnie zrozumiałem, że subwoofer do kina domowego, nawet najlepszy, nie może być godny audiofilskiego tytułu... Niech tak sobie myślą miłośnicy minimonitorów, strażnicy „szybkości”, której najlepiej służy całkowite pozbycie się basu, lecz kino domowe też ma swój hi-end, który czasami jest właśnie low-endem. Najlepsze subwoofery schodzą bowiem tak nisko, że niżej nie ma już niemal nic... tylko kilka herców i prąd stały.

**T**est takiego basowego potwora, jak Paradigm Signature Sub 2, to dobra okazja (usprawiedliwienie...?), żeby przypomnieć, na czym polega przetwarzanie basu. Niby na tym samym, na czym ogólnie przetwarzanie sygnału elektrycznego na dźwięk... a jednak niskie tony stawiają szczególne wymagania, które pociągają za sobą szereg konsekwencji. Jedną z nich jest właśnie w ogóle istnienie takiego urządzenia jak subwoofer. Gdyby sprawne przetwarzanie basu można było osiągnąć za pomocą umiarkowanej wielkości satelitów czy choćby średniej wielkości zespołów głośnikowych, po co komu byłyby potrzebne jakieś dodatkowe, kłopotliwe skrzynie?

Subwoofer Signature Sub 2 jest najmocniejszym z modeli, które testowaliśmy, i trudno nie przypuszczać, że producent ma rację deklarując, że jest to po prostu subwoofer najlepszy na świecie. Jest drogi i potwornie ciężki (ponad 100 kg), na pewno jednak nie największy wśród produkowanych. Sami kilka lat temu testowaliśmy basową szafę Cabasse z przetwornikiem o średnicy z grubsza pół metra... To też jest metoda, jednak Paradigm wybrał zupełnie inną. Wszystko ma swoją cenę. Za co warto płacić w przypadku subwoofera?

Za wiele rzeczy. Ale które są najważniejsze?

## NIE MA JAK POMPA, czyli... SKĄD SIĘ BIERZE BAS

Abstrahujmy od audiofilskich wymagań i niemierzalnych kryteriów. Skupmy się na tym, co ewidentne, mierzalne, niepodważalne. I w przypadku subwoofera do kina domowego – na pewno kluczowe. Po pierwsze, co oczywiste, powinien przetwarzać bardzo niskie częstotliwości. Im niższe, tym lepiej. Dojście z liniową charakterystyką do teoretycznej granicy pasma akustycznego (słyszalnego), czyli do ok. 20 Hz, nie jest wcale łatwe. Rozważania, że spektrum częstotliwościowe większości instrumentów muzycznych nie sięga tak nisko lub że najniższe składowe pojawiają się w muzyce bardzo rzadko i można je sobie „odpuścić” nie mają tu sensu, bo mówimy o subwooferze do kina domowego, gdzie efekty wręcz subsoniczne pojawiają się często (zwłaszcza, gdy trup się ściele gęsto). Co to znaczy subsoniczne? Podakustyczne, czyli z definicji takie, których częstotliwości są niższe od dolnej granicy pasma słyszalnego, zatem niższe od owych 20 Hz. Ta granica też nie jest ścisła, tak jak i górna granica pasma słyszalnego, dlatego że słuch każdego z nas ma swoją własną charakterystykę, a ponadto mówimy o funkcji ciągłej, a nie zerowej – więc nie jest tak, że, załóżmy, do 20 Hz słyszymy doskonale, a poniżej już nic; czułość naszego słuchu, wraz z oddalaniem się od zakresu częstotliwości średnich, stopniowo maleje, a więc słyszymy coraz słabiej, słabiej... ale wciąż coś słyszymy.

Na górnym skraju pasma stoczono pod koniec XX wieku batalię o uznanie, że częstotliwości ultrasoniczne (ponadakustyczne), a więc teoretycznie niesłyszalne, mają jednak wpływ na brzmienie. W jaki sposób? Chociaż wyizolowana sinusoida o częstotliwości np. 25 kHz nie zostanie przez ucho usłyszana, to rozszerzenie pasma przenoszenia powyżej 20 kHz zostanie przez nas „docenione” na skutek tego, że pozwoli na wierniejsze oddanie impulsów, szybsze narastanie sygnału, generalnie – na wierniejsze oddanie kompleksowych sygnałów muzycznych, które nie są czystymi sinusoidami. Pasma przenoszenia gwałtownie „obcięte” przy 20 kHz powoduje przesunięcia fazowe już poniżej 20 kHz, stąd też próby z różnego rodzaju filtrami dolnoprzepustowymi w odtwarzaczach CD, choć – opierając się tylko na fakcie, że pasmo słyszalne sięga „od dwudziestu do dwudziestu” – moglibyśmy stwierdzić, iż nie ma żadnego znaczenia, co i jak dzieje się poza tym zakresem. A jednak – ma. Promocja pasma rozszerzonego powyżej 20 kHz miała związek z lansowaniem DVD-Audio i SACD – wtedy to pojawiły się supertweeter (rozwiązanie nienajszczęśliwsze, lepiej poprzeczyć osiągnięci podstawowych tweeterów, niż dodawać kolejne ogniwo), namawiani byliśmy na wymianę sprzętu w celu dogonienia możliwości nowego formatu. O często-

*W obudowie o przekroju sześciokątnym trzy ścianki zajmują przetworniki – pod dwa na każdej. W sumie sześć 10-calowych głośników (a każdy tak mocny, że mógłby samodzielnie pracować w wysokiej klasy subwooferze), tworzy baterię zdolną przyjąć moc kilku tysięcy watów.*

tliwościach subsonicznych (podakustycznych) było – i jest nadal – znacznie ciszej... Po pierwsze, z powodów już wcześniej zasygnalizowanych. Pragnienie bardzo niskiego basu nie jest dobrze oceniane przez audiofilskie kręgi, jest jakoby przejawem niskich instynktów, potrzeby odczuwania mocnych, prymitywnych bodźców, niemających z muzyką wiele wspólnego. Ale przecież pasmo wielkich organów sięga 16 Hz! Wiarygodność odtwarzania fortepianu jest też o wiele lepsza z systemu o rozciągniętym (w obie strony) pasmie. A mówiąc o organach i fortepianie, mamy na myśli „sztukę wyższą”. Co będzie, gdy uwzględnimy elektroniczną, albo – co gorsza – „łupu-cupu”? Można się dalej zapierać, że nawet przy pasmie ograniczonym do 40 Hz, byle tylko z dobrą dynamiką, damy sobie radę... Jednak w kinie, zwłaszcza w kinie akcji, będzie wyraźnie gorzej. Tu nie chodzi tylko o dźwięki. Jeżeli przyjdzie kilkunastohercowe masowanie, to pocujemy. Pocują też sąsiedzi. I o to chodzi... przynajmniej od czasu do czasu. To jednak o wiele trudniejsze niż rozszerzenie pasma ponad granicę 20 kHz i pewnie dlatego nie ma też wielkiego rumoru i przekonywania, że powinniśmy wejść w posiadanie systemu, który będzie efektywnie przetwarzał do 20 Hz, a nawet niżej. Oczywiście część firm manipuluje – mówiąc delikatnie – pasmem przenoszenia, obiecując owe 20 Hz w swoich katalogach, ale zwykle nie ma to wiele wspólnego z rzeczywistością. Wyjaśnijmy jak najszybciej, że dla „elektroniki” – odtwarzaczy, wzmacniaczy – przenoszenie częstotliwości podakustycznych to pikus. Mogłyby przenosić napięcie stałe. Wyzwaniem nie jest „przenoszenie”, ale „przetwarzanie” napięcia i prądu na ciśnienie akustyczne, czyli na dźwięk. Pisaliśmy już o tym nieraz, ale wyjaśnijmy choć skrótowo i nieprecyzyjnie, oby tylko zrozumiale – dlaczego. Ciśnienie akustyczne jest pochodną przyspieszenia

i masy przemieszczanego powietrza. Jeżeli mamy do czynienia z wysokimi częstotliwościami, to duże przyspieszenie uzyskujemy już dzięki samej... częstotliwości. Membrana nie musi pracować z dużą amplitudą, aby mieć bardzo wysokie przyspieszenie. Do osiągnięcia wysokiego ciśnienia nie jest też wówczas konieczna duża powierzchnia (choć jej zwiększanie zawsze zwiększa ciśnienie); w ten sposób wysoką moc i efektywność przecież łatwo uzyskują małe głośniki wysokotonowe.

Niskie częstotliwości oznaczają wolniejszy ruch membrany przy danej amplitudzie – dla 20 Hz tysiąc razy wolniejszy niż przy 20 kHz. Aby to nadrobić, trzeba zwiększyć przyspieszenie zwiększając amplitudę, albo (w praktyce równocześnie) zwiększając powierzchnię. Dla efektywnego przetwarzania niskich częstotliwości musimy więc w każdym cyklu przepompować znacznie większą masę powietrza niż przy częstotliwościach wysokich. I to oczywiście oznacza problemy, bo stawia takie właśnie wymagania przed głośnikiem. Albo będzie miał bardzo dużą maksymalną amplitudę, albo dużą powierzchnię, a najlepiej, żeby miał i jedno, i drugie...





*Oto jeden z sześciu – prawdziwych – głośników, bez membran biernych. Układ magnetyczny, złożony z trzech ferrytowych pierścieni o średnicy 20 cm i łącznej grubości 54 mm, zapewnia odpowiednią siłę i kontrolę prowadzenia długiej cewki i ciężkiej membrany.*

Przetwarzanie niskich częstotliwości jest więc ściśle powiązane z ciśnieniem akustycznym, a więc i z głośnością, jakiej sobie życzymy. A ciśnienie z kolei zależy od odległości. Przetwarzanie nawet najniższych częstotliwości, i to bardzo głośno, jest możliwe przez słuchawki, bo te znajdują się bardzo blisko ucha. W związku z tym skonstruowanie głośnika, którego charakterystyka sięgałaby liniowo wymarzonego 20 Hz, też nie nastęrcza żadnego problemu... o ile będziemy abstrahować od tego, z jaką głośnością te 20 Hz, tak jak i całe pasmo, będzie odtwarzane. Nawet małej głośniczki przy dużej masie membrany i zawieszaniu o dużej podatności może mieć rezonans przy 20 Hz i tam też rozciągnąć swoje pasmo przetwarzania, ale już kilka watów będzie go „wykańczać”, eksploatując całą dostępną amplitudę; albo, będzie miał bardzo niską efektywność i mimo że przyjmie watów nie kilka, a kilkanaście, to wciąż będzie grał cicho. Podsumowując – przetwarzanie najniższych częstotliwości z dużą głośnością wymaga głośnika (lub baterii głośników) o dużym wychyleniu objętościowym. Dużych, o dużej amplitudzie maksymalnej. Możemy jednak wybrać szczególnie dużą powierzch-

ność maksymalnej amplitudy membrany głośnika i jej powierzchni nazywamy wychyleniem objętościowym – to pojęcie warto sobie przyswoić i stosować. Zapotrzebowanie na wychylenie objętościowe rośnie więc wraz z obniżaniem się częstotliwości. Przy bardzo niskich częstotliwościach jest tak duże, że nawet wyraźny ruch membrany nie oznacza wytwarzania ciśnienia, jakiego byśmy oczekiwali. To, że membrana głośnika wychyliła się znacznie, niczego nie gwarantuje, zwłaszcza gdy głośnik jest mały. Może być wręcz niebezpieczne – nic nie słychać, a głośnik może ulec uszkodzeniu.

nię, bez forsowania wielkiej amplitudy, albo odwrotnie – zaprojektować głośnik jeszcze niezbyt wielki, lecz nadrabiający to bardzo dużym wychyleniem. Na końcu i tak liczy się wychylenie objętościowe. Różnica między obydwoma tak teoretycznie zakreślonymi „metodami” (w praktyce chodzi o dobór proporcji, a nie o jedną z dwóch metod) polega na tym, że z dużą powierzchnią membrany łączy się wysoka efektywność, a z dużym wychyleniem – wysoka moc. Co wolimy? Pewnie wysoką efektywność. Skoro możemy uzyskać określone ciśnienie przy danej częstotliwości za pomocą niższej mocy, a wyższej efektywności, to oszczędzamy na mocy wzmacniacza, który to wszystko przecież musi „napędzić”. Jednak ze zwiększaniem powierzchni wiąże się inny problem: większe głośniki wymagają (generalnie) większej obudowy, nie tylko ze względu na swoją średnicę, wymuszającą określone wymiary przedniej ścianki, ale i na inny sposób interakcji z „poduszką powietrzną” wewnątrz obudowy, zmniejszającą wypadkową podatność i tym samym podnoszącą rezonans. Im większa powierzchnia oddziaływająca na daną objętość powietrza, tym mniejsza jej podatność. Mniejszy głośnik o niższej efektywności, ale dużej mocy, ma więc tę przewagę, że pozwala zaprojektować mniejsze urządzenie (subwoofer) o podobnych parametrach docelowych, choć wymaga do współpracy wzmacniacza o większej mocy.

Doszliliśmy tu wreszcie do trzeciego postulatu, jaki stawia się przed nowoczesnym subwoferem, postulatu mającego już charakter nie parametryczny, nie brzmieniowy, a użytkowy – do jego wielkości.

To jest kłopot może i największy – dla wszystkich. Wielkość oznacza różnorakie koszty, a także spotęgowanie niechęci klientów do subwoofera jako takiego. Sprzecznosc między subwoferem wydajnym a miłym dla oka, czyli niewielkim, jest oczywista. Audiofil nie ma takiego kłopotu, aby przekonać siebie i „osoby towarzyszące” do zakupu kolumn z diamentowym lub berylowym, wstęgowym lub jakimkolwiek innym „najlepszym na świecie” głośnikiem wysokotonowym. To tylko kwestia ceny. A poza tym usłyszysz: „A kupuj sobie co chcesz, tylko chodźmy już stąd”. Postawienie nawet najmniejszego subwoofera przed obliczem osoby niezainteresowanej zawsze spotka się z dezaprobatą typu: „czy to nie może być mniejsze” albo „wybij to sobie z głowy”.

Wobec takiego kryterium oceny – jakim subwoferem jest *Signature Sub 2*? W skali bezwzględnej nie jest mały. Ale w stosunku do tego, co potrafi, jest miniaturowy. Zwykle subwoofery o takiej kubaturze dają się z siebie już bardzo wiele, ale to i tak, w najlepszym razie, jest może jedną trzecią tego, co oferuje *Sub 2*. Skąd biorą się takie możliwości tego urządzenia? Konstruktor postanowił nie iść na kompromis ani pod względem amplitudy, ani powierzchni. Za trzema maskownicami kryje się sześć membran na 10-calowych koszach. Piszę membran, więc pewnie tylko część z nich to głośniki, a część – może nawet większość, bo i tak bywa – to membrany bierne. Zgodnie z tradycyjnym sposobem konstruowania systemów basowych, uwzględniającym wspomnianą podatność poduszki powietrznej, nie można wraz z tak umiarkowaną objętością zastosować sześciu 10-calowych głośników! Nawet gdy jest to obudowa zamknięta, nawet przy wspomagananiu korekcją wzmacniacza... z takim „upakowaniem” jeszcze się nie spotkałem. A jednak! Tam jest sześć głośników! A ponieważ są one też nadzwyczajne, więc cała konstrukcja waży ponad 100 kg. Dystrybutor uprzedzał mnie, że będzie to duży subwofer. Patrę – jest duży, ale bywały już większe. I większe przedstawiałem. A ten... ooops, jak przyspawany! Niby już to wiedziałam, lecz chwilę potem zapomniałem i chcąc go gdzieś przestawić, znowu próbuję...

W jego wnętrzu jest jeszcze mniej powietrza, niż by mogło się wydawać – konstrukcje głośników wraz z ich potężnymi magnesami zajmują wiele cennych litrów. Wystarczy wyjąć jeden głośnik, aby nie tylko się przekonać, że jest ich tam sześć, lecz żeby zacząć podejrzewać, że obudowa jest skrojona nie pod kątem jakiegś wymaganej objętości, lecz tylko sprawnego „upakowania” głośników, jakby nie obowiązywały wspomniane warunki dotyczącej podatności. Przypomniało mi się moje (nie)rozumienie funkcji obudowy głośnikowej sprzed

*Głośniki są upakowane tak, jakby istotne było tylko zmieszczenie ich potężnych magnesów, a nie uzyskanie określonej objętości obudowy. Ta oczywiście też jest potrzebna, ale okazuje się zaskakująco niewielką, jak na bardzo dużą łączną powierzchnię membran.*



trzydziestu lat, gdy w szkole „przerabiałem” sobie i kolegom tonsilowskie „piętnastki” na „trzydziestki” – powiększając otwór i wkładając w obudowę o niezmienną objętości ok. 12 litrów głośnik 20-cm zamiast 16-cm. Zmieścił się na przedniej ścianie, tylko trzeba było zrezygnować z maskownicy... Myślałem, że obudowa zamknięta ma za zadanie po prostu trzymać głośniki i owszem, zamknąć i wytłumić promieniowanie od tylnej strony membrany, ale jej objętość nie ma znaczenia; że obudowa ma określoną głębokość, żeby się nie przewróciła... I tak to wygląda w *Sub 2*, jakby objętość powietrza w obudowie nie miała znaczenia, a pojawiła się wewnątrz tylko jako nieuniknione „otoczenie” głośników ściśniętych tak, jak to tylko możliwe...

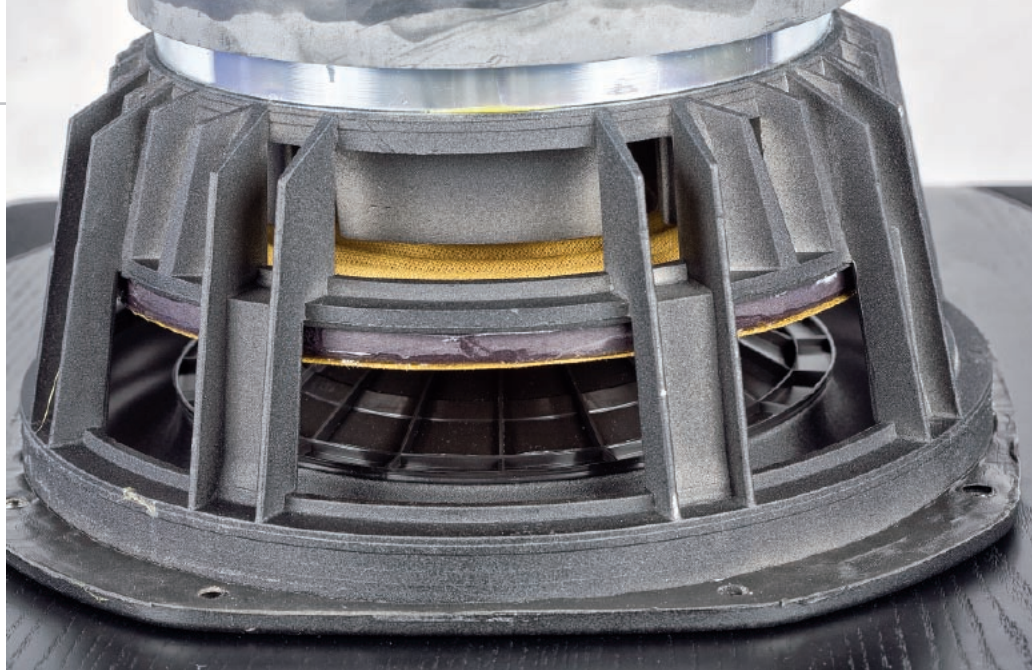
Prawa fizyki nie uległy zmianie, ale technika poszła naprzód. Paradigm wykorzystał ją maksymalnie w celu stworzenia subwoofera nie tylko o potężnych możliwościach, ale i o rekordowej relacji możliwości do wielkości. Zwykle mówimy o relacji jakości do ceny, lecz nie można mieć wszystkiego naraz – za możliwości płacimy, za redukcję wielkości – również, ponieważ zastosowanie owych zaawansowanych rozwiązań wciąż kosztuje. Od strony głośnikowej potrzebne są do tego przetworniki o wyjątkowo silnych układach magnetycznych. Te muszą zapewnić optymalne parametry przy prowadzeniu długich cewek (a te z kolei mają związek z dużą maksymalną amplitudą) w warunkach znacznie zmniejszonej podatności (małą objętość powietrza), co podnosi dobroć układu rezonansowego, odpowiedzialną za jakość odpowiedzi impulsowej (w skrócie – dobroć nie powinna być zbyt wysoka, mała objętość ją jednak podnosi, a obniża silny magnes); można do tego jeszcze dodać, że do uzyskania niskiego rezonansu i dużej sztywności membrany będzie ona miała dużą masę, a to tym bardziej zwiększa zapotrzebowanie na silny napęd, zarówno ze względu na dobroć, jak i na efektywność. Mamy zatem sytuację z klasycznym „coś za coś”. Albo kosztowne głośniki z bardzo silnymi układami magnetycznymi, albo głośniki „normalniejsze”, tańsze, ale w dużej obudowie. Oczywiście wybór taki jest uczciwy w ramach określonych możliwości częstotliwościowo-natężeniowych; mały subwofer bez takich ambicji jak *Sub 2* nie musi mieć kosztownego przetwornika, aby działać poprawnie, tyle że nie zagra ani tak nisko, ani głośno.

Same głośniki, nawet najlepsze, w takiej sytuacji, jaka powstaje w *Sub 2*, też nie wystarczą. Mają one może i przyzwoitą efektywność, ale wielkie ciśnienia pojawią się dopiero wraz z wielką mocą – na przyjęcie której są przecież przygotowane, każdy mógłby przyjąć pewnie kilkaset watów, a jest ich sześć... Pełne ich wykorzystanie zapewni wzmacniacz o mocy RMS... 4500 W. Cztery i pół tysiąca watów! Niech się Franek Kimono schowa za swoją „aparaturą, co ma tysiąc wat”... *Sub 2* w porównaniu zbliża się nawet do dziesięciu tysięcy, bowiem podana jest wartość 9000 W „dynamicznego piku”. Trzeba jednak pamiętać, że duża część tej mocy pójdzie na skorygowanie charakterystyki, jako że niezależnie od przygotowania głośników, tak mała objętość, jaka się za nimi znajduje, na pewno wywołuje dość wczesny spadek charakterystyki. Gdyby taką instalację głośnikową uruchomić w wersji biernej, zasilanej z zewnętrznego wzmacniacza liniowego, nic dobrego by z tego nie wyszło; charakterystykę części głośnikowej trzeba poddać korekcji, wyrównać i „dociągnąć” do częstotliwości, którą ustalamy jako graniczną. To wyciąga moc ze wzmacniacza i wywołuje dużą amplitudę głośników, ale wszystko jest tu gotowe na takie zadanie – i potężny wzmacniacz, i zestaw głośników, mogących łącznie, w jednym cyklu, przepompować prawie 10 litrów powietrza! Producent podaje bowiem, że ich maksymalna amplituda (pik-pik) to 5 cm.

*W wentylującym tunelu układu magnetycznego (otoczonym mniejszymi otworami) umieszczono radiator. Wzmacniacz w klasie D ma wysoką sprawność energetyczną, ale grubo ponad 90% dostarczonej do nich mocy głośniki zamieniają na ciepło!*



Pojawiają się więc w obudowie potężne siły i naprężenia, którym przeciwdziała sposób usytuowania głośników. Znamy już z niektórych subwooferów konfigurację z głośnikami ustawionymi na przeciwległych ściankach, dzięki czemu powstające w każdym z nich siły mają taki sam kierunek oraz takie same wartości, ale przeciwny zwrot – więc teoretycznie się znoszą. Paradigm stworzył układ trzech wektorów (a w zasadzie dwa równoległe układy po trzy wektory każdy) ustawionych w trójramienną gwiazdę, które też się znoszą, a przy tym układ jest stabilniejszy (tak jak płaszczyzna wyznaczona przez trzy, a nie dwa punkty). Fale najniższych częstotliwości i tak rozchodzą się we wszystkich kierunkach, ale kto by miał co do tego wątpliwości, może tutaj być już zupełnie spokojny – taki układ głośników gwarantowałby promieniowanie fali kulistej również w zakresie kilkuset herców. Stąd też „ukierunkowanie” subwoofera stojącego w danym miejscu pomieszczenia nie będzie miało żadnego znaczenia, chociaż pewnie ustawimy go tak, żeby płyta wzmacniacza znajdowała się z tyłu. Jest jeszcze kilka frapujących ciekawostek w kontekście tak potężnych sił i ciśnienia, jakie mogą powstawać w Sub 2. Producent wyjaśnia, że w związku z działaniem układu znoszących się sił, nie było potrzeby wewnętrznego wzmacniania obudowy dodatkowymi wieńcami, ozebrowaniami itp. (zresztą gdzie by się to zmieściło?). Jest tam jednak gruba drewniana listwa, łącząca w samym środku dolną i górną ściankę. Nie zmierzylem



*Cewka ma średnicę 3 cali, dziesięć warstw uzwojenia (!), została poprowadzona przez podwójny dolny resor, a membrana jest wzmocniona ozebrowaniem. Powtórzę: mieć w swoim subwooferze chociaż taki jeden...*

grubości tych ścianek, ale te, na których montowane są głośniki, okazały się zaskakująco cienkie – 2 cm to w takiej sytuacji raczej „tylko” a nie „aż” – i koncepcja znoszących się sił nie do końca to wyjaśnia, bo ciśnienie powstające wewnątrz będzie „rozpychać” i „wsysać” obudowę. Ale spokojnie... panele, na których zamontowano głośniki, są w gruncie rzeczy szczątkowe – ich „resztki”, po wycięciu otworów na głośniki, mają niewielką powierzchnię. Ponadto o poważnym podejściu do tematu – co pewnie zrodziło się na podstawie doświadczeń

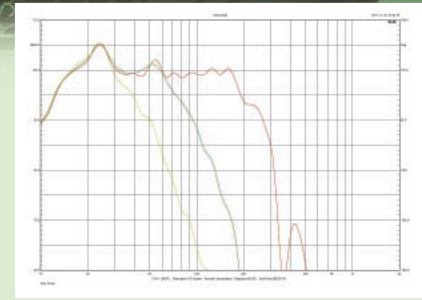
– świadczy to, że maskownice nie są po prostu zakładane, lecz przykręcane, i – jak zaznacza producent – nie powinny być przez użytkownika zdejmowane. Trudno zresztą, aby trzymały się tylko na kołeczkach, jako że są wyjątkowo ciężkie, mają znaczną grubość (ponad 4 cm), potrzebną do przygotowania miejsca dla ruchu membrany i wystającego już w pozycji spoczynkowej górnego zawieszenia. W ten sposób ich ramki nie będą wpadać w vibracje i obluźowywać się, poza tym pogrubiają same ściany konstrukcji.

# Laboratorium Paradigm SIGNATURE SUB2

Zacznijmy od szokującej obietnicy producenta: Pasma Sub 2 ma się zaczynać od 7 Hz. Dokładnie parametr ten zatytułowano „Low-Frequency Extension” i przywołano normę DIN 45 500, wyjaśniając, że chodzi o częstotliwość spadku -3 dB, uzyskiwaną w typowym pomieszczeniu odsłuchowym (a więc nie w komorze bezchowej czy w polu bliskim). Abstrahując od rezonansów pomieszczenia, które gmatwają sprawę, a więc przy założeniu, że charakterystyka jest w miarę regularna, uzasadnione jest twierdzenie, że odbicia od ścian powodują podniesienie poziomu najniższych częstotliwości o 9 dB (każda z trzech płaszczyzn, wyznaczających razem 1/8 przestrzeni, daje 3 dB); stąd częstotliwość, która na charakterystyce zmierzonej w polu bliskim czy w komorze bezchowej pokazuje już spadek -9 dB, w normalnym pomieszczeniu będzie (też teoretycznie, bo rezonanse to jeszcze inna historia...) słyszalna z normalnym poziomem! A jeżeli norma zakłada w takich warunkach spadek -3dB, to my na naszej charakterystyce, zmierzonej w polu bliskim, powinniśmy poszukać spadku -12 dB, aby zweryfikować dane producenta. Patrzymy więc na zmierzoną charakterystykę i takiego spadku na dolnym zboczach nie widzimy... bo nasz pomiar kończy się na granicy 10 Hz – i tak dwa razy niższej niż uznana granica pasma akustycznego (20 Hz). Możemy więc stwierdzić, że granica wyznaczana normą DIN rzeczywiście leży poniżej 10 Hz! Naszym sposobem jest wyznaczenie spadku -6 dB względem średniego poziomu charakterystyki (dla zespołów głośnikowych) lub względem szczytu charakterystyki (dla subwooferów), ale na charakterystyce zmierzonej w polu bliskim. Tym razem, ze względu na pewien „szczegół”, właściwsze wydaje się przyjęcie metody „względem średniego poziomu” (tak też szukaliśmy przed chwilą spadku -12 dB), a szczególnie tym jest nietypowe dla subwooferów aktywnych, lokalne, ok. 5-decybelowe wzmocnienie charakterystyki przy ok. 23 Hz; nie warto chyba szczytu tego lokalnego wzmocnienia brać za poziom odniesienia, więc względem średniego poziomu spadek -6 dB mamy przy 12 Hz. Gdybyśmy jednak pryncypialnie górkę tę uwzględnili, to zaliczane przez Sub 2 dolne częstotliwości graniczne leżałyby nieco wyżej, choć zawsze znacznie poniżej 20 Hz... O czym więc mówimy? O prawdziwym subwooferze, który przetwarza częstotliwości subsoniczne. Swoją drogą, ciekawe, skąd się ta górka wzięła – na pewno nie z charakterystyk samych głośników, a z „dopompowania” wprowadzonego przez wzmacniacz. To albo efekt zamierzony, wynikający z jakiejś analizy charakterystyk uzyskiwanych w pomieszcze-

niach czy wrażeń subiektywnych (wzmocnienie najniższych słyszalnych jeszcze częstotliwości), albo efekt uboczny, niedokładność korekcy, która tak czy inaczej musiała być wprowadzona, aby dociągnąć charakterystykę tak nisko. Jak już wyjaśnialiśmy w głównym opisie, tak przygotowana instalacja głośnikowa w wersji pasywnej – właśnie dlatego, że operuje aż sześcioma głośnikami przy relatywnie bardzo małej objętości (w systemie zamkniętym) – z pewnością nie byłaby w stanie osiągnąć tak nisko rozciągniętej charakterystyki. Wpisana w działanie systemu jest więc korekcja elektroniczna (zupełnie inna od opcjonalnej korekcy wyrównującej charakterystykę w danym pomieszczeniu odsłuchowym), zwiększająca dostarczaną moc wraz ze spadkiem częstotliwości. Wzmacniacz na taki wydatek stać, ma przecież 4500 W, a głośniki to spokojnie wytrzymują – jest ich sześć, i to jakich... Jednak w takich przypadkach, po wyrównaniu charakterystyki do założonej częstotliwości, najczęściej stosuje się filtrowanie górnoprzepustowe, odcinające głośnik od bardzo dużych amplitud częstotliwości podakustycznych, uznawanych za bezużyteczne, a dla głośników groźnych. Na charakterystyce Sub 2 takiego filtrowania nie widać, zbocze w oktawie 10-20 Hz ma nachylenie ok. 12 dB/okt., naturalne dla obudowy zamkniętej – tak jakby charakterystyka samej korekcy „wzmacniającej” stała się liniowa, ale o żadnym jej wyłączeniu ani tym bardziej o filtrowaniu górnoprzepustowym nie ma mowy. Może dopiero poniżej 10 Hz, czego w naszych pomiarach już nie widzimy ani – tym bardziej – nie usłyszymy... ale producent nic o tym nie wspomina.

Sub 2 warto porównać z niedawno testowanym („Audio” 11/2011) subwooferem Eclipse TD725sw. Tam, w większej obudowie, ale również zamkniętej, zainstalowano dwa 10-calowe głośniki; zmierzone charakterystyki wskazują (mimo że to również subwoofer aktywny), iż nie wprowadzono w nim podobnej korekcy; bez filtrowania dolnoprzepustowego charakterystyka opada tam już od 100 Hz – łagodnie, z nachyleniem 12 dB/okt, właściwym dla naturalnie działającej obudowy zamkniętej, też bez filtrowania subsonicznego. Dopiero niskie filtrowanie dolnoprzepustowe pozwala tam ustalać niskie dolne częstotliwości graniczne. W Sub 2 nie musimy nisko filtrować, aby „wyrzeźbić” niski bas na zboczach wczesnie opadającej charakterystyki – po prostu nie opada ona aż do ok. 20 Hz. Oczywiście nisko filtrować możemy. W lewej skrajnej pozycji regulatora, oznaczonej „35 Hz”, mamy spadek -6 dB (względem wierzchołka przy 23 Hz) na górnym zboczach przy ok. 30 Hz, co pozwoli Subem 2 bardzo selektywnie uzupełnić o najniższe częstotliwości działanie systemów z dużymi,



rys. 1. charakterystyka ...

pełnopasmowymi kolumnami głównymi, którym nie będziemy chcieli oszczędzić wysiłku pracy aż do ok. 30 Hz. W pozycji „80 Hz” spadek -6 dB (tym razem względem poziomu średniego) pojawia się dokładnie przy 80 Hz, ale w pozycji „150 Hz” – przy 200 Hz; stan ten nie zmienia się już aż do prawej skrajnej pozycji, oznaczonej jako „by-pass”. W tym zakresie pokrętko nie jest więc dokładnie oznaczone, ale nie ma to dużego znaczenia – filtrowania powyżej 100 Hz w zasadzie się nie używa (zwłaszcza przy tak dużych subwooferach i towarzyszących im systemach), choć powinniśmy korzystać z opcji „by-pass”, gdy dostarczamy sygnał LFE filtrowany już w zewnętrznym procesorze (amplitunerze).

Na koniec przystąpiliśmy do najcięższej próby – dla subwoofera i tym razem również dla nas – pomiaru maksymalnego ciśnienia akustycznego. Ustawiamy wówczas 50 Hz i podnosimy napięcie sterujące tak długo, aż subwoofer nie zacznie się gotować lub się nie wyłączy. Tym razem doszliśmy do 125 dB – absolutnego rekordu naszych testów – i subwoofer wcale bezwarunkowo nie skapitulował, tylko zaczął pracować niestabilnie i wskazania na wyświetlaczu systemu pomiarowego trudno było odczytać – wtedy zakończyliśmy pomiar. Na tym pulpacie ciśnienia w naszym ok. 20-metrowym pomieszczeniu było mordercze. Paradigm deklaruje maks. 126 dB przy 60 Hz i 112 dB przy 10 Hz. Ciekawostka: takie wyniki można osiągnąć w Europie, ale nie w USA... Urządzenie wyposażone jest w regulator dopasowujący do napięcia zasilania w zakresie 108-265 V, ale tylko przy napięciu w okolicach 240 V mamy maksymalną moc wzmacniacza 4500 W; przy 120 Hz moc spada do „tylko” 3000 W, a wraz z tym i maksymalny SPL. Oto udowodniona wyższość europejskiego napięcia (i europejskich wtyczek).

Zakres regulacji [Hz]*	30-200
Poziom maksymalny [dB]**	>125
Moc wzmacniacza [W]*	4500
Wymiary (szer. x wys. x głęb.) [cm]	62 x 60 x 58
Masa [kg]	106

\* parametry zmierzone, \*\* dane producenta,



Jedną z sześciu pionowych ścianek (uznajmy ją za tylną, chociaż konfiguracja głośników pozwala na dowolne ustawienie) zajmuje, a w zasadzie tworzy, płyta wzmacniacza – z grubego płata aluminium, pełniącego równocześnie rolę radiatora.

W szanujących się subwooferach wzmacniacz jest odizolowany od komory głośnikowej wewnętrzną ścianką obudowy, aby ciśnienie nie atakowało jego konstrukcji, a przede wszystkim nie wydostawało się na zewnątrz przez nieszczelności jego płyty zewnętrznej (np. wokół regulatorów). W Sub 2 takiej odgrody nie ma (prawdopodobnie nie mogłaby się tam zmieścić, a poza tym zabrałaby głośnikom kilka cennych litrów). Sprawę załatwiono, przynajmniej częściowo, w inny sposób. Widząc ekrany zasłaniające wszystkie układy wzmacniacza, w ogóle zrezygnowałem z pokazywania tej części konstrukcji na zdjęciach, a szkoda... Trudno mi teraz przesądzać, czy mogą one zapewnić osłonę układów przed ciśnieniem,

Maskownice są przykręcone – gdyby były założone tylko na kołki, pewnie by odfrunęły...

czy pełnią tylko rolę ekranowania między sekcjami. Najważniejszym elementem jest jednak potężna płyta zewnętrzna, tworząca w gruncie rzeczy całą jedną ściankę – aluminiowy odlew, pełniący jednocześnie rolę radiatora, mający w osi symetrii grubość aż 16 mm. To na pewno wystarczy, żeby element ten nie poddawał się wibracjom i stanowił stabilną bazę dla układów wzmacniacza, ale co z jego szczelnością? Podczas pomiarów, w próbie maksymalnego ciśnienia akustycznego, a więc można powiedzieć: w próbie „wytrzymałościowej”, kiedy również wewnątrz powstaje największe ciśnienie, z tyłu nie wydobywały się żadne szумы i „furczenia”.

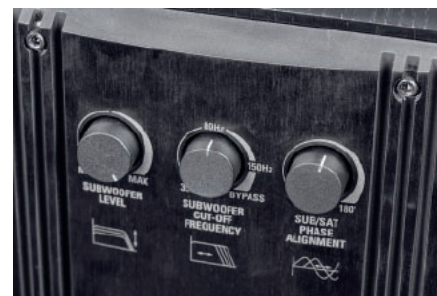
Piekielnie wydajny wzmacniacz nie jest wielki, gdyż – tak jak to jest coraz częściej spotykane, zwłaszcza w subwooferach – pracuje w klasie D. Jednak nie z pierwszego lepszego wzmacniacza w klasie D dostajemy kilka tysięcy watów. Paradigm musiał i tu wspiąć się na szczyty, wprowadzając szereg niekonwencjonalnych rozwiązań. Na przykład stopień wyjściowy zasilany jest bezpośrednio z sieci – bez pośrednictwa transformatorów. Bardzo szybki jest system zabezpieczenia przeciwzwarceniowego – reaguje w ciągu 10 mikrosekund; bazą dla płytki drukowanej jest 3-mm płyta aluminiowa zapewniająca skuteczne chłodzenie.

Zestaw regulacji na tylnym panelu Sub 2 jest już zupełnie klasyczny – wzmocnienie, częstotliwość filtrowania, faza. Sygnał doprowadzamy albo do pary gniazd RCA, albo do jednego, jeśli to sygnał LFE, ewentualnie do jednego XLR-a. Żadnych specjalnych opcji, których zdecydowana większość użytkowników i tak nie wykorzystuje, chociaż trochę szkoda, że nie ma zdalnego sterowania, które pomaga przede wszystkim na etapie dostrajania subwoofera.

Coraz częściej subwooferzy wyposażane są w układy korygujące charakterystykę pod kątem ich konkretnego ustawienia w pomieszczeniu, działające albo na bazie kompletnego systemu, albo mikrofonu i oprogramowania, które należy wgrać do PC-ta. Systemy takie działają lepiej lub gorzej, choć zwykle użytkownicy nie pałają się do takiej zabawy. Sub 2 standardowo przybywa bez żadnych dodatków, ale jest taka opcja – zestawik mikrofon z oprogramowaniem – nazywająca się Perfect Bass Kit, a kosztująca jedynie... 1111 zł. W tej sytuacji do subwoofera Sub 2 polski dystrybutor sprzedaje go za symboliczną złotówkę. System ma za zadanie wyrównać charakterystykę, która jest zawsze poszarpana powstającymi w pomieszczeniu rezonansami. Rezonanse te mają tak ostry, selektywny charakter, iż trudno dopasować do tak chaotycznej charakterystyki działanie nawet gęstego zestawu filtrów o ustalonych częstotliwościach i regulowanych dobrociach.



Wejścia sygnału też nie są skomplikowane – para RCA plus pojedynczy XLR, ale są też gniazda instalacyjne i przełącznik trybu włączania.



Zestaw regulacji jest zupełnie klasyczny – poziom, filtrowanie i faza.

Na zmierzonej charakterystyce tuż obok „dołka” znajduje się „górką”, więc próbując wyrównać dołek, niechcący wzmacniamy skraj górki... i na odwrót. Rezultat jest wciąż daleki od ideału, pojawiają się szумы, a wzmacniacz męczy się, pracując z bardzo nieliniową charakterystyką. Paradigm zapewnia, że jego układ działa ultraprecyzyjnie i inteligentnie – po pierwsze, dokładnie trafiając w rezonanse i antyrezonanse zmierzonej charakterystyki, a po drugie, ograniczając głębokość korekcy tak, aby nie przekroczyć możliwości wzmacniacza a mi nie podnieść szumu. Jakiego szumu? I tak najpierw słychać będzie trzask odpadającej glazury.

**Andrzej Kisiel**

## SUB 2

CENA: 40 000 ZŁ

DYSTRYBUTOR: POLPAK  
www.polpak.com.pl

### WYKONANIE

Niezwykła, rekordowa bateria sześciu 10-calowych przetworników o potwornej wydajności, zainstalowana w relatywnie kompaktowej obudowie, zasilana wzmacniaczem 4500 W. Jak na swoje możliwości, wygląda wręcz pięknie.

### FUNKCJONALNOŚĆ

Szeroki zakres regulacji górnej częstotliwości granicznej, możliwość korekcy pod kątem akustyki pomieszczenia, standardowy zestaw podstawowych regulacji, wejścia niskopoziomowe RCA i XLR. Ciężki, ale wcale nie ogromny, więc wcale nie bardzo kłopotliwy w ustawieniu.

### PARAMETRY

Swoobodnie schodzi poniżej 20 Hz, mając spadek -6 dB w okolicach 10 Hz! ... A przy 60 Hz daje ponad 125 dB! Najmocniejszy subwoofer, jaki spotkałismy.