

## Zestaw głośnikowy HiFi MONITOR A4

Monitor A4 jest konstrukcją amatorską o parametrach dorównujących granicznym możliwościom systemu dwudrożnego. Spośród małych zespołów głośnikowych z pewnością należy do najlepszych, jakie odsluchiwaliśmy. Idealnie zaspokoi potrzeby audiofilów borykających się w domu z problemami przestrzeni. Nazwa kolumny została wzięta od formatu arkusza papieru A4. Ma ona jedną wadę - nie jest tania.

Z wszelkich możliwych względów domowa kolumna głośnikowa powinna być możliwie najmniejsza. Ale podstawowe wyrażenie opisujące efektywność:

$$\eta = k_n f_3^3 V_b$$

(gdzie dla dobrze zaprojektowanej obudowy bass-refleks  $k_n = 2 \cdot 10^{-6}$ , a dla dobrej jakości obudowy zamkniętej  $k_n = 10^{-6}$ ,  $f_3$  jest dolną częstotliwością graniczną przy -3dB, a  $V_b$  oznacza objętość obudowy w litrach) wskazuje, że każda zmiana objętości czy częstotliwości granicznej odbija się na efektywności. Jeżeli więc objętość obudowy zostanie zmniejszona, to albo trzeba pogodzić się z zawężeniem pasma częstotliwości, albo ze stratą efektywności. Obecnie, wobec dużych możliwości wzmacniaczy mocy, obniżenie wydajności nie stanowi problemu, więc przy niewielkiej obudowie daje się do pewnego stopnia zachować szerokość pasma przenoszenia. Z takim kompromisem nie można oczywiście posuwać się zbyt daleko, bowiem na przeszkodzie stoi termiczne ograniczenie mocy traconej w cewce głośnika oraz rosnąca nieliniowość otworu bass-refleks i objętości powietrza w obudowie.

Staranny projekt *Monitora A4* pozwolił osiągnąć właściwy kompromis pomiędzy dwoma, wydawałoby się nieporównywalnymi, parametrami, małą objętością i wysoką jakością odtwarzania dźwięku. Dostrojenie bass-refleksu zostało bardzo dobrze obliczone, mocna obudowa jest wolna od rezonansów, zwrotnica jest doskonale zestrojona, a nie bez znaczenia jest użycie dwóch wysokiej jakości głośników znanej duńskiej firmy Scan-Speak.

A4 jakością nie różni się wiele od kolumn znacznie większych rozmiarów, a jej dźwięk jest realistyczny z zaskakująco skutecznymi basami. W czasie testów odsłuchu wielu ze słuchaczy (którzy nie mogli widzieć głośników)



myślało, że słuchają znacznie większych zespołów.

### System dwudrożny

Czasy, gdy o systemach dwudrożnych trochę lekceważąco czy nawet drwiąco mówiło się „tylko dwudrożne“, już dawno minęły. Po krótkiej euforii systemy czterocy pięciodrożne zniknęły i wielu producentów chętnie wróciło do systemów dwu- i trójdrożnych. Odpowiedzieć na odwieczne pytanie, który z tych systemów jest lepszy, można tylko wtedy, gdy znane są wszystkie szczegóły. Nawet wówczas trzeba pamiętać, że każdy system wielodrożny jest rozwiązaniem kompromisowym. Idealnym rozwiązaniem byłby jeden głośnik o płaskiej amplitudowej i fazowej charakterystyce częstotliwościowej w całym paśmie akustycznym od 20Hz do 20kHz. Takie głośniki (jak dotąd) nie istnieją, a całe pasmo akustyczne jest z konieczności odtwarzane przez dwa lub trzy głośniki. W nachodzących na siebie zakresach ich charakterystyk częstotliwościowych powstają, nie dające się łatwo wyeliminować, zniekształcenia. Zatem większość producentów ogranicza liczbę tych zakresów, a zatem i liczbę głośników.

Wybór liczby głośników systemu wielodrożnego zależy od za-

#### Podstawowe parametry zespołu głośnikowego

Typ obudowy: bass-refleks

Objętość: ok. 9dm<sup>3</sup>

Wymiary: 298x210x269mm (wys. x szer. x głęb.)

Głośniki: nisko-średniotonowy Scan-Speak typu 15W8530K00 (15cm)  
wysokotonowy Scan-Speak typu D2904/980000 (28mm)

Efektywność: 85,5dB/W/1m

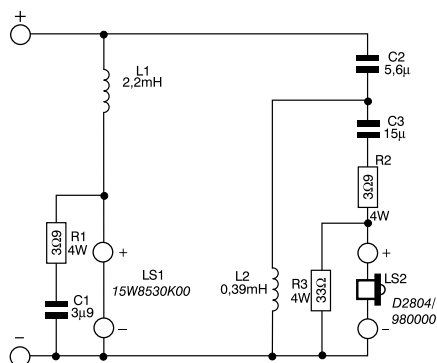
Impedancja znamionowa: 8Ω

Moc znamionowa: 60W

Przybliżona cena (jeden zespół głośnikowy, bez obudowy): 1600zł

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z wydawcą miesięcznika "Elektor Electronics".

Editorial items appearing on pages 35..39 are the copyright property of (C) Segment B.V., the Netherlands, 1998 which reserves all rights.



Rys. 1. Zwrotnica składa się z dwóch sekcji: filtra dolnoprzepustowego pierwszego rzędu dla zakresu niskich i średnich częstotliwości i filtra górnoprzepustowego trzeciego rzędu dla wysokich częstotliwości.

łożonego pasma odtwarzania. Jeżeli na przykład jest wymagany bardzo wysoki poziom ciśnienia akustycznego w zakresie najniższych częstotliwości, potrzebny będzie głośnik niskotonowy o średnicy nie mniejszej od 25cm. Niestety takie głośniki mają tendencję do rezonowania w zakresie częstotliwości nisko-średnich. Wskutek tego stają się nieużyteczne powyżej 1kHz, a to wyklucza ich użycie w systemach dwudrożnych, nie ma bowiem głośników wysokotonowych, pokrywających zakres 1kHz..20kHz. Kopułki o średnicy 28mm zazwyczaj nie przenoszą częstotliwości poniżej 2..3kHz, a 19-milimetrowe poniżej 4..5kHz.

Jeżeli w zakresie niskich częstotliwości dopuszcza się poziom ciśnienia akustycznego poniżej 100dB, to można użyć mniejszego głośnika niskotonowego. Ale do wystarczającego odtwarzania niskich tonów poziom ten nie powinien być wiele niższy, aby nie eliminować częstotliwości poniżej 50Hz. Jednakże zastosowany w A4 głośnik nisko-średniotonowy jest zdolny do odtwarzania niskich częstotliwości z wystarczającą mocą.

Głośniki niskotonowe o średnicy 13..17cm działają doskonale aż do 2..3kHz, dzięki czemu użycie głośników średniotonowych przestaje być konieczne. Konstrukcja niektórych mniejszych głośników niskotonowych umożliwia im zadowalające odtwarzanie niskich częstotliwości w stosunkowo ma-

łych obudowach. Doskonałym przykładem takiego głośnika jest ten, którego użyto w A4.

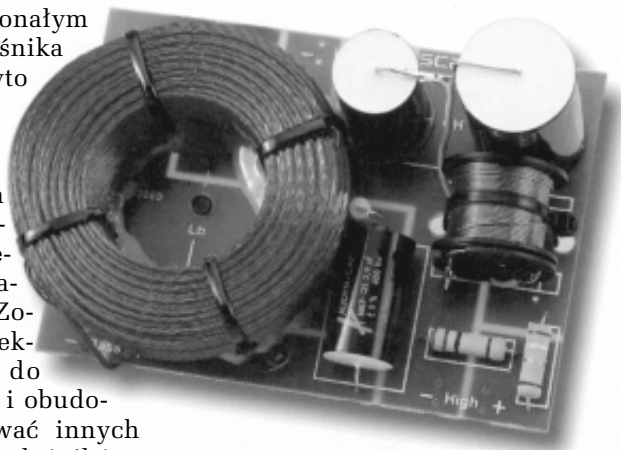
### Zwrotnica

Bierna zwrotnica każdemu z dwóch głośników zapewnia przeznaczony dla niego zakres częstotliwości. Została starannie zaprojektowana, stosownie do właściwości głośników i obudowy. Radzimy nie używać innych zwrotnic, ani innych głośników, bo uzyskane wyniki z pewnością będą dużo gorsze.

Jak widać na rys. 1 schemat kolumny jest bardzo prosty. Głównym podzespołem sekcji dolnoprzepustowej jest filtr pierwszego rzędu (6dB/oktawę) z indukcyjnością L1. Obwód R1-C1 koryguje wzrost impedancji głośnika przy wyższych częstotliwościach, bez niego filtr nie działałby poprawnie. Rezystancja cewki L1 musi być możliwie najmniejsza, więc została ona nawinięta skrętką z siedmiu miedzianych drutów o średnicy 0,5mm, o sumarycznym przekroju ok. 1,4mm<sup>2</sup>. Dzięki temu rezystancja dławika wynosi tylko 0,52Ω.

Sekcję górnoprzepustową tworzy filtr trzeciego rzędu (18dB/oktawę), składający się z kondensatorów C2 i C3 oraz indukcyjności L2. Dzielnik R2-R3 zmniejsza moc dostarczaną do głośnika wysokotonowego o około 5dB, dzięki czemu jego dźwięk lepiej harmonizuje z dźwiękiem głośnika nisko-średniotonowego. Zabieg taki stosuje się często, zwykle bowiem efektywności głośników nie są jednakowe.

Jakość kondensatorów C1, C2 i C3 ma istotny wpływ na dźwięk, najlepiej więc użyć przynajmniej polipropylenowych metalizowanych (MKS, Siemens). Projektant zaleca równoległe połączyć po dwa cienkofoliowe (KPSn), jako C2 - 1μF i 4,7μF, a jako C3 - 10μF i 4,7μF. Jednakże odsłuch nie wykazał żadnych różnic pomiędzy MKP i KPSn.

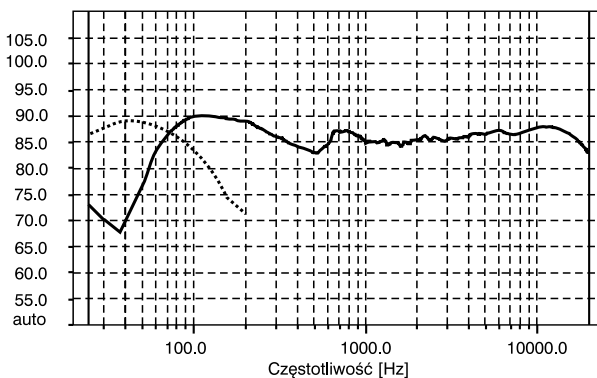


Zwrotnica została obliczona dla częstotliwości rozgraniczenia 2kHz. Głównym celem było uzyskanie gładkiego przejścia z zakresu nisko-średniotonowego do wysokotonowego, z czego według naszej opinii konstruktor wywiązał się bardzo dobrze. Rzut oka na charakterystykę częstotliwościową kolumny na rys. 2 pozwala stwierdzić, że punkt rozgraniczenia jest niezauważalny.

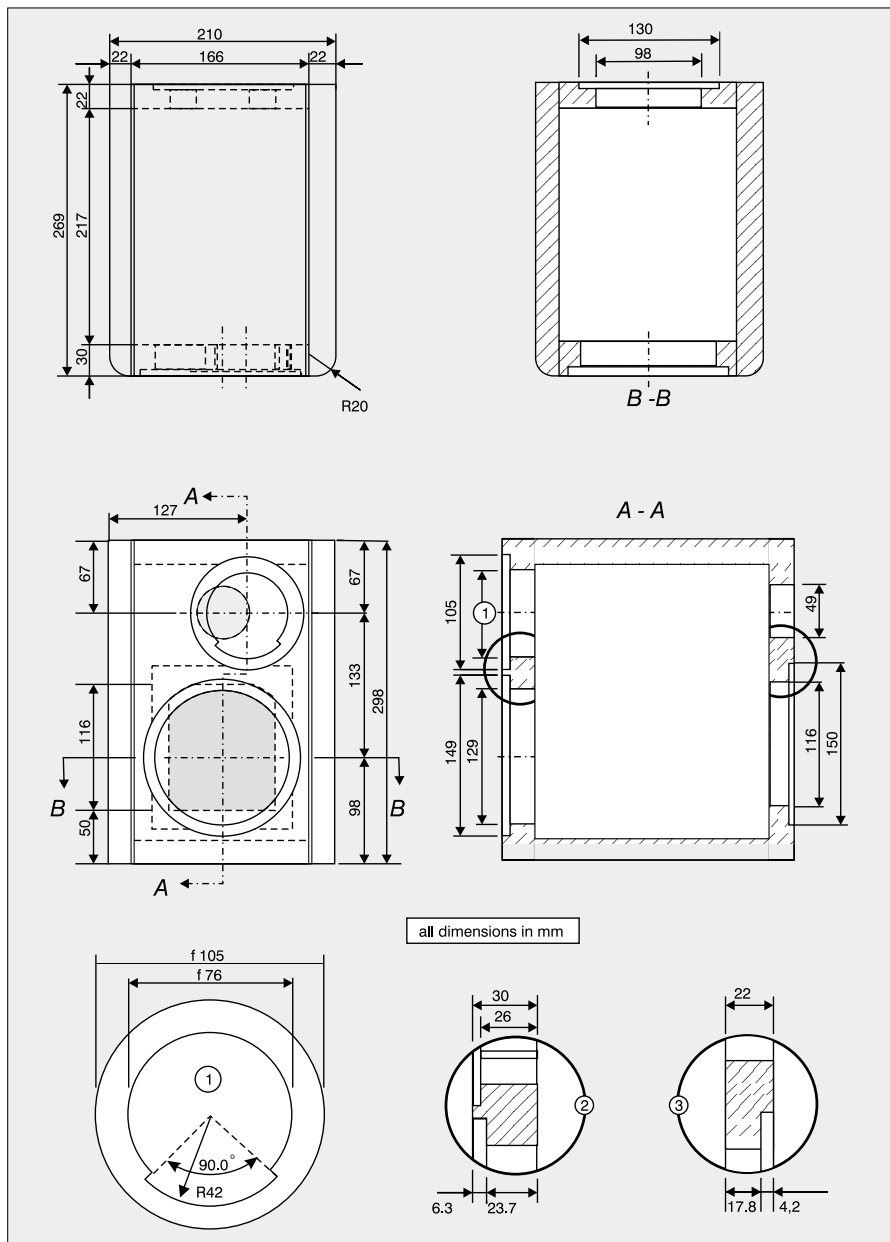
Zwrotnica składa się z niewielkiej liczby podzespołów, łatwo jest więc ją zmontować na typowej gotowej płytce drukowanej do zwrotnic. Trzeba tylko pamiętać, że jak to widać z rys. 1, oba głośniki są połączone ze zwrotnicą w tej samej fazie. Odwrotne ich połączenie w znacznym stopniu pogorszy działanie zespołu.

### Obudowa

Konstrukcja obudowy jest stosunkowo prosta. Składa się ona z sześciu sklejonych ze sobą ścianek z odpowiednimi otworami. Elementy usztywniające ani rozpórki nie są potrzebne. Można ją szybko zmontować posługując się



Rys. 2. Charakterystyka ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości zespołu głośnikowego Monitor A4.



Rys. 3. Opatrzone wymiarami rysunki warsztatowe ścianek obudowy.

rys. 3, trzeba jednak zwrócić uwagę na kilka ważnych szczegółów.

Przede wszystkim głośnik wysokotonowy nie jest umieszczony na osi obudowy, co wraz z zaokrągleniami krawędzi przedniej płyty jest konieczne dla uzyskania poprawnej charakterystyki promieniowania. Po drugie, otwór bass-refleks został umieszczony nie jak zwykle z przodu, ale z tyłu obudowy. Składa się on z nieco stożkowej rury z PCV o długości 123mm i średnicy około 35mm.

Niepożądanych rezonansów ścianek obudowy uniknięto przez użycie na ścianki boczne oraz górną i dolną płyty wiórowej średniej

gęstości o grubości 22mm, a na ściankę przednią takiej samej płyty o grubości 30mm. Wszystkie ścianki od strony wewnętrznej należy pokryć blachą ołowianą grubości 4mm (kosztowna!) albo filcem o tej samej grubości nasyconym lepikiem. Jeżeli prace stolarskie zostaną wykonane precyzyjnie, obudowa będzie doskonale sztywna.

Jak widać na rys. 3, głośniki są przy montażu wpuszczone w płytę czołową. W przeciwnym razie charakterystyka przenoszenia nie byłaby płaska. W prototypie również płytka z wyprowadzeniami została wpuszczona w ściankę, ma to jednak tylko kosmetyczne znaczenie.

Na liście elementów figuruje solidna płytka z podwójnymi wyprowadzeniami firmy Intertechnik, można jednak znaleźć inne, mniejsze, nadające się pomimo to do grubych przewodów głośnikowych. Bywają płytki z dwoma wyprowadzeniami, a także z czterema, ich zastosowanie zależy od tego, czy jest przewidywane podwójne okablowanie.

Tłumienie akustyczne osiąga się przez pokrycie wykładziny ołowianej względnie smołowanego filcu warstwą pianki lateksowej z arkusza. Piankę tę trzeba bardzo starannie powycinać wokół poszczególnych otworów, aby nie kolidowała z wmontowywanymi głośnikami i kanałem bass-refleksu. Zwrotnica najlepiej mieści się na dnie obudowy. Wewnętrznych połączeń należy dokonać dobrej jakości przewodami głośnikowymi.

Zewnętrzne wykończenie obudów zależy od indywidualnego gustu właściciela. Obecnie bardzo popularne jest lakierowanie, choć fornir nie wyszedł z mody. Lakierowanie najlepiej zlecić specjalście (np. z samochodowego warsztatu blacharskiego), bo takie wykończenie będzie ładne i trwałe.

### Test laboratoryjny

Monitor A4 po wstępnym sprawdzeniu przeszedł testy laboratoryjne, a potem ekstensywne testy odsłuchowe. Testy laboratoryjne i odsłuchowe wykazały zgodność bez jakichkolwiek niespodzianek. Wyniki odsłuchu przekroczyły nawet wynikające z pomiarów oczekiwania, a głośniki brzmiały lepiej, niż można się było spodziewać.

Stosunkowo gładka krzywa przenoszenia (rys. 2), wykazująca niewielkie uwydatnienie w okolicach 100Hz, nie wymaga komentarza. Małe wzniesienie 1,5dB w pobliżu 750Hz, poprzedzone małym zagłębieniem przy około 500Hz nie mają wielkiego wpływu na właściwości akustyczne zespołu. Nie są z pewnością wywołane przez sam głośnik niski-średniotonowy, jego charakterystyka jest bowiem całkowicie płaska. Ich przyczyna leży w małych wymiarach przedniej ścianki obudowy, jak to bywa w przypadku większości małych obudów. Krzy-



## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R2: 3,9Ω, 4W, niskiindukcyjny  
R3: 33Ω, 4W, niskiindukcyjny

### Kondensatory

C1: 3,9μF, MKP, polipropylenowy Philips

C2: 5,6μF, KPSn lub MKP (zob. tekst)

C3: 15μF, KPSn lub MKP (zob. tekst)

### Różne

LS1: głośnik 15W8530K00, Scan-Speak

LS2: głośnik D2904/980000, Scan-Speak

L1: 2,2mH, powietrzna Tritac 7 x 0,5mm

L2: 0,39mH, powietrzna (z emaliowanego drutu miedzianego 0,71mm)

ścianka przednia: płyta wiórowa średniej gęstości o wymiarach 298 x 189 x 30mm

ścianka tylna: płyta wiórowa średniej gęstości o wymiarach 298 x 189 x 22mm

ścianki boczne: płyty wiórowe średniej gęstości o wymiarach 298 x 289 x 22mm

ścianka górna i dolna: płyty wiórowe średniej gęstości o wymiarach 217 x 266 x 22mm

plytka wyprowadzeń: np. Intertechnik T50/130

kanal bas-refleks: Intertechnik HP35 (średn. 34, dług. 125mm)

blacha ołowiana, albo filc nasycyony lepikiem: 3 kawałki 25 x 33cm, grub. 4mm

pianka lateksowa grubości 42mm

wa kropkowana przedstawia wyniki pomiarów na wprost wylotu kanału bass-refleks. Jest on dostrojony do 40Hz, co jeszcze dobitniej widać na charakterystyce impedancji z rys. 4. Widać z niej też, że impedancja nie spada poniżej 7Ω, zespół zatem może współpracować z niemal każdym wzmacniaczem mocy. Warto jednak pamiętać, że wzmacniacz taki powinien dysponować sporym zapasem mocy, ponieważ czułość zespołu nie jest wysoka: 85,5dB/W w odległości 1m.

## Test odsłuchowy

Test laboratoryjny jest niezbędny, ale jakość głośników można w pełni ocenić tylko przez ekstensywny test odsłuchowy. *Monitor A4* jest mały i niepozorny, ale emituje niezwykle otwarty i wiarygodny dźwięk. Szczególnie dob-

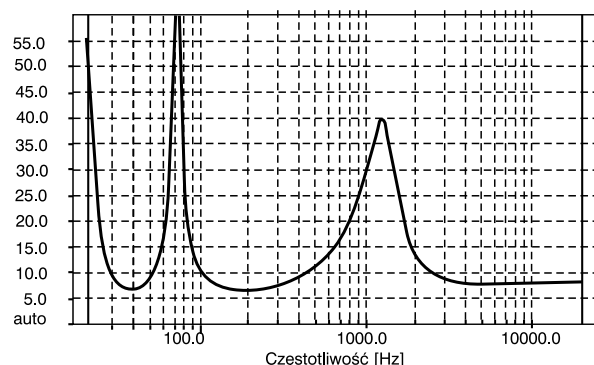
rze odtwarza starannie przygotowane, żywe nagrania. Reprodukcja szczegółów dźwiękowych w zakresie tonów średnich i wysokich niemal przypomina przetwornik elektrostatyczny. Tony niskie są wytrawne oraz prężne i rozciągają się w dół dalej niż można się było spodziewać. Punkt -3dB mieści się w pobliżu 40Hz.

Jak się można spodziewać po dobrych głośnikach, *Monitor A4* nie preferuje żadnego rodzaju muzyki. Zarówno muzyka klasyczna, jazz, jak i popularna są odtwarzane jednakowo dobrze, gładko i neutralnie. Charakterystyczne głosy Luciano Pavarottiego, Lou Reed, Elli Fitzgerald czy Sary Brightman są oddawane tak samo wiernie, jak skrzypce Icchaka Perlmana, klarnet Benny Goodmana i gitara Johna Williamsa. Mówiąc krótko *Monitor A4* jest jednym

z tych zespołów głośnikowych, przy których

szybko się zapomina o testowaniu i całkowicie poddaje słuchanej muzyce.

Nie można jednak zapominać, że wadą małych kolumn, nawet tak dobrych jak *Monitor A4*, jest ograniczenie najniższych częstotliwości. Ale jest ono naprawdę wyraźnie odczuwane dopiero przy bezpośrednim porównaniu z dużym zespołem głośnikowym,



Rys. 4. Charakterystyka impedancji w funkcji częstotliwości zespołu głośnikowego *Monitor A4* wykazuje, że impedancja nie spada poniżej 7Ω. Obniżenie przy 40Hz odpowiada rezonansowi kanału bass-refleks.

ku laty zostało przejęte przez firmę Vifa, i jest obecnie jej oddziałem wytwarzającym produkty wysokiej klasy. Większość głośników Scan Speak to wytwarzane ręcznie głośniki stożkowe i kopułkowe. Wysokotonowy głośnik typu D2905/990000 (Revelator), produkowany od lat osiemdziesiątych, osiągnął znakomitą renomę w świecie i jest powszechnie uważany za jeden z najlepszych głośników kopułkowych na rynku.

Korpusy obu głośników są stosunkowo nowe. Głośnik nisko-średniotonowy również został nazwany przez producenta Revelatorem, co może być uważane za oznaczenie wysokiej jakości. Jego korpus jest przystosowany do optymalnego przepływu powietrza i do wyjątkowo długiej drogi ru-

chu cewki. Dzięki brakowi rezonansów, doskonałemu tłumieniu wzmocnionej membrany celulozowej i liniowości jej gumowego zawieszenia, głośnik ten charakteryzuje się niezwykle wiernym, jak na jego rozmiary, odtwarzaniem i dynamiką.

Głośnik wysokotonowy jest reprezentantem nowego kierunku Scan Speak. Do niedawna wszystkie „wysokotonowce“ tej firmy miały membrany tekstylne. Typ zastosowany w *Monitorze A4* jest wyposażony w kopułkę aluminiową. Na charakterystyce ciśnienia akustycznego każdej kopułki istnieje kilka uskoków (zer) przy częstotliwościach, przy których odległość pomiędzy wierzchołkiem a brzegiem jest wielokrotnością  $\lambda/2$  tej częstotliwości w powiet-

rze. Powstająca w pobliżu tych punktów różnica fazy wywołuje spadek osiowej sprawności głośnika do zera.

Częstotliwość  $f_n$ , przy której powstaje zero, zależy od wysokości kopułki  $h$ . Dla aluminiowej kopułki 28mm o wysokości  $h = 5\text{mm}$

$f_n = c/\lambda = 345/5 \cdot 10^{-3} = 69\text{kHz}$  a zatem pierwsze zero pojawia się przy 34,5kHz, znacznie powyżej granicy słyszalności.

Natomiast częstotliwość rezonansowa tego głośnika jest niska (500Hz). Odtwarzanie przy wyższych częstotliwościach jest linearyzowane za pomocą pojedynczo zawieszono dyfuzora. Dźwięk tego głośnika jest niezwykle otwarty, czysty i szczegółowy.

**EE**