

AKT - akustyczny teatr, część 1

Zestaw głośnikowy do kina domowego

AVT-994

Jeżeli marzysz o kinie domowym, nie musisz od razu kupować drogiego zestawu głośników.

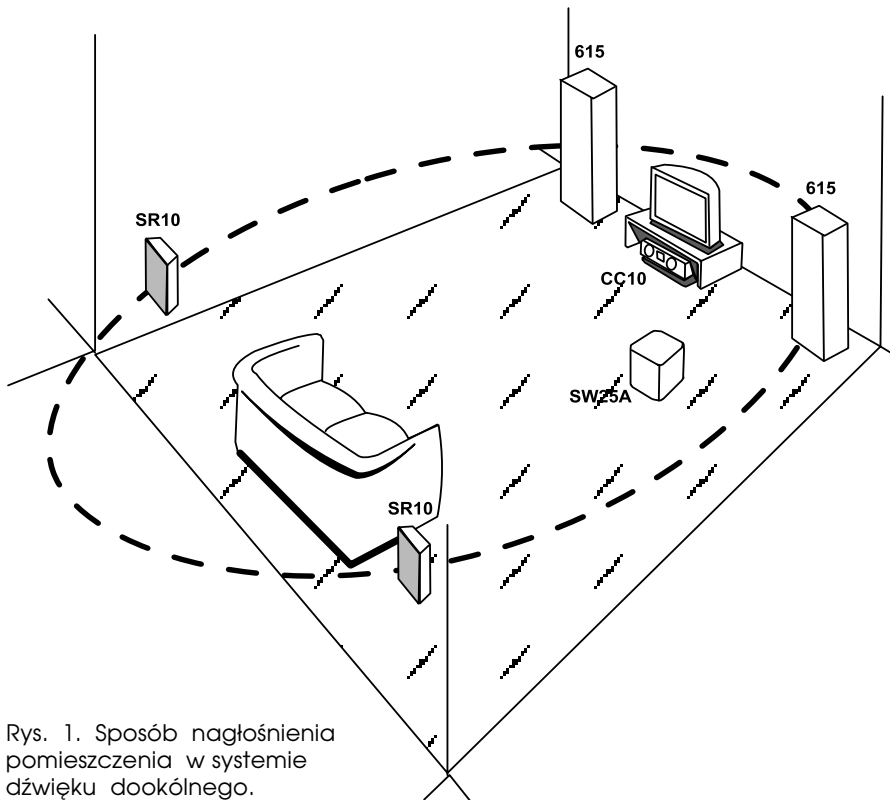
Proponujemy Ci konstrukcję, którą znacznie taniej możesz wykonać samodzielnie. Dzięki doskonałym głośnikom i przemyślanym rozwiązaniom konstrukcyjnym, zestaw AKT spełni wymagania także ortodoksyjnych audiofilów. Zaczynamy od krótkiego wstępu i opisu zestawu centralnego.

Coraz większą popularność zdobywa kino domowe - zestaw audiowizualny, wymagający wielokanałowej instalacji głośnikowej. W jej ramach działają więcej niż dwa „tradycyjne“ zespoły głośnikowe do odsłuchu stereofonicznego - potrzebny jest jeszcze głośnik centralny, a także co najmniej dwa głośniki tylne (najbardziej rozwinięte systemy wymagają trzech, a nawet czterech). Zalecane jest także użycie subwoofera - specjalnej konstrukcji wyspecjalizowanej w przetwarzaniu sygnałów tylko o najniższych częstotliwościach (rys. 1).

Systemy głośnikowe do kina domowego stawiają przed użytkownikiem naj-

częściej smutny wybór - jeśli wysokiej klasy, to bardzo kosztowne, a jeśli przystępne cenowo, to z poważnymi kompromisami parametrykoszty. Wynika to z konieczności rozdysponowania środków między znacznie większą liczbę zespołów głośnikowych, niż w systemie stereofonicznym. Jednak samodzielne konstruowanie zawsze pozwalało sporo zaoszczędzić.





Rys. 1. Sposób nagłośnienia pomieszczenia w systemie dźwięku dookólnego.

W dwóch kolejnych artykułach przedstawimy 5 głównych projektów (niektóre w różnych wersjach) zespołów głośnikowych, opracowanych tak, aby tworzyły dobrze zharmonizowane systemy wielokanałowe. Szereg wskazówek pozwoli nie tylko zbudować poszczególne zestawy głośnikowe, ale również dokonać między nimi wyboru, dobrze je do siebie dopasować - w miarę potrzeb i możliwości lokalowych oraz finansowych. Artykuł może być interesujący nie tylko dla konstruktorów, ale i samych użytkowników systemów wielokanałowych - zawiera bowiem wiele ogólnych uwag dotyczących ich funkcjonowania.

14-cm głośnik **nisko-średniotonowy** serii TC występuje nie tylko w wersjach ekranowanej lub nie, ale także w różnych wariantach impedancji znamionowej. Po lewej stronie standardowy głośnik 8Ω, po prawej ekranowany 4Ω.



Wszystkie przedstawione modele powstały przy użyciu kompletu zaawansowanych narzędzi, jakimi powinien posługiwać się konstruktor zespołów głośnikowych - programów symulacyjnych, pomiarów, a także prób odsłuchowych. Wszystkie modele mogą pracować zarówno w systemach wielokanałowych, jak i z dużą wiernością odtwarzać muzykę w tradycyjnych systemach stereofonicznych.

Prezentację zestawów rozpoczniemy od krótkiego wprowadzenia w świat dźwięku dookólnego.

Dolby Digital

Przystępne cenowo głośnikowe systemy wielokanałowe adresowane są do użytkowników nie znających warunków, jakie powinny spełniać nowoczesne instalacje tego typu. W związku z tym, wiele cech konstrukcyjnych, podawanych przez producentów nie odpowiada tym warunkom, ale popularnym wyobrażeniom o parametrach kolumn wysokiej klasy. Najczęściej więc zespoły przednie (lewy i prawy) są efektowne, duże, wielodrożne, natomiast zespoły tylne - znacznie mniejsze, zbudowane z najtańszych przetworników, odpowiadające niewygórowanym wymaganiom starego systemu Dolby ProLogic, a nie cyfrowego Dolby Digital czy DTS. Wypada przypo-

nać, że obowiązujący dzisiaj standard Dolby Digital wymaga, aby w każdym kanale działały zespoły o zbliżonej mocy i podobnym, szerokim pasmie. Wyeksponowanie roli głośników przednich - lewego i prawego - może być uzasadnione ich znaczeniem przy stereofonicznym odsłuchu, jednak jeśli system działać ma dobrze również w ramach kina domowego, dodatkowe głośniki nie mogą być potraktowane po macoszemu.

THX

Obok wymagań Dolby Digital, znawcom kina domowego znany jest certyfikat THX. Określa on pewne cechy konstrukcyjne urządzeń, a przede wszystkim właśnie zespołów głośnikowych, które służyć mają wytworzeniu dość specyficznego pola dźwiękowego. Cechy te jednak w pewnym stopniu stoją w sprzeczności wobec wymagań, jakie stawia się zespołom głośnikowym odtwarzającym muzykę - głośniki przednie powinny mieć (według zaleceń THX) wąskie charakterystyki kierunkowe w płaszczyźnie pionowej, aby zminimalizować odbicia i zapewnić „precyzyjną” przednią scenę dźwiękową kosztem naturalnej swobody, co wynika z pewnego udziału fal odbitych. Natomiast głośniki tylne - w przypadku THX ustawione po bokach - wręcz przeciwnie, nie powinny być przez słuchacza lokalizowane, lecz pracować nad wytworzeniem jak największej liczby odbić. Bardzo wąskie charakterystyki kierunkowe (polecane przez THX głośnikom przednim) są więc najlepsze w działaniu tylko systemu stereofonicznego, natomiast charakterystyki wymagane przez THX od głośników bocznych prowadzą do skonstruowania dipoli - wyspecjalizowanych układów o bardzo nietypowym układzie głośników, które zupełnie nie nadają się do odtwarzania muzyki w tradycyjnych parach stereofonicznych.

Dlatego przy opracowywaniu naszych konstrukcji, mających charakteryzować się dużą uniwersalnością, nie braliśmy pod uwagę norm THX.

Spójność brzmienia

Zespoły głośnikowe wysokiej klasy systemów wielokanałowych powinny być dopasowane nie tylko parametrami, ale również

brzmieniem. Brzmienie zespołu głośnikowego wynika oczywiście w wielkiej mierze z rodzaju zastosowanych w nim głośników. Najlepiej więc, gdy we wszystkich współpracujących ze sobą konstrukcjach zastosowane są głośniki tego samego typu lub przynajmniej bardzo podobne - pochodzące z jednej serii wybranego producenta. Mają wówczas membrany wykonane z tego samego materiału (dodatkowym atutem jest również estetyczny, ujednolicony wygląd). Rolą konstruktora zespołów głośnikowych do kina domowego jest zarówno prawidłowy dobór głośników, jak i właściwe ich wykorzystanie, konsekwentnie utrzymujące określony rodzaj charakterystyk brzmieniowych. Ma na to bowiem wpływ również układ elektryczny - rodzaj stosowanych filtrów, wybrane częstotliwości podziału, jak i obudowa - szerokość przedniej ścianki w wielkiej mierze decyduje choćby o charakterystykach kierunkowych.

Charakterystyki kierunkowe

Wspomnieliśmy już o charakterystykach kierunkowych - chodziło o charakterystyki w płaszczyźnie pionowej, czyli stopień rozpraszania dźwięku poniżej i powyżej osi głównej (znajdującej się zwykle na osi głośnika wysokotonowego). W ramach różnych koncepcji akustycznych kina domowego korzystne jest jednak (i nie przeszkadza w odsłuchu

muzyki), aby charakterystyki kierunkowe w płaszczyźnie poziomej były jak najszersze - aby zespoły głośnikowe brzmiały podobnie, odsłuchiwane „na wprost”, jak i pod dużym kątem z boku. Jest to cecha mająca w kinie domowym znacznie większe znaczenie, niż przy stereofonicznym odsłuchu muzyki. Po pierwsze, muzyki zwykle słucha się indywidualnie, zasiadając w wygodnym fotelu, w dobrze wybranym miejscu, z głośnikami skierowanymi tak, aby właśnie w nim brzmienie było najlepsze. Z kina domowego znacznie częściej korzysta się rodzinnie i z przyjaciółmi, więc trzeba zapewnić znacznie szersze pole dobrych efektów brzmieniowych. Po drugie, zespołów głośnikowych wykorzystywanych w kinie domowym najczęściej - z powodów ograniczeń miejsca - nie ustawia się tak, aby osie główne biegły w stronę miejsca odsłuchowego, lecz ustawia „normalnie”, z osiami głównymi biegnącymi równoległe do bocznych ścian, a więc wyraźnie z boku słuchacza znajdującego się w centrum.

Wąskie obudowy

Szerokim charakterystyką kierunkowym dobrze służą zarówno małe średnice głośników, jak i małe szerokości obudów. Gdy obudowa staje się bardzo wąska - tak właśnie jak w naszych projektach (13cm), podobną charakterystykę przetwarzania, jak na osi głównej (z wyraźnym spadkiem tylko na samym górnym skraju pasma akus-

20-mm tekstylna kopułka **wysokotonowa** serii TC występuje w dwóch wersjach - TC20TD05 i TC20SD05 - z ekranowaniem magnetycznym dla tej drugiej.



tycznego) można uzyskać nawet pod kątem 45°, a w zakresie do 30° (w jakim standardowo bada się charakterystyki) ich zbieżność jest doskonała. Oznacza to w praktyce, że z kolumn takich słyszemy niewniekształcone brzmienie nawet wówczas, gdy pozornie promieniają w zupełnie innym kierunku.

Równocześnie wąskie obudowy stają się mniej kłopotliwe wizualnie i tym łatwiej je optymalnie ustawić. Bardzo wąskie obudowy wyglądają dobrze również w bezpośrednim sąsiedztwie dużego telewizora i są odpowiednie w wolnostojących zespołach efektowych. Natomiast w przypadku centralnego zespołu głośnikowego, najczęściej ustawianego w pozycji poziomej, wąska przednia ścianka oznacza niewielką wysokość obudowy, łatwej dzięki temu do zainstalowania na telewizorze lub w szafce ze sprzętem.

Ekranowanie magnetyczne

Niektóre zespoły głośnikowe - na pewno zespół centralny, ewentualnie zespoły główne - jeśli mają stać blisko ekranu telewizora, muszą być ekranowane magnetycznie. Ekranowanie zespołów głośnikowych uzyskuje się poprzez ekranowanie samych głośników, z których są zbudowane. Ekranowanie może być lepsze lub gorsze - w zależności od stopnia, w jakim zredukowane zostaje pole rozpraszane. Od strony konstrukcyjnej ekranowanie może być tzw. częściowe lub pełne. Pierwsze polega na przyklejeniu do tyłu układu magnetycznego pierścienia ferrytowego (zwykle mniejszego), swoimi biegunami odwrotnie skierowanym, drugie na dodatkowym założeniu

Parametry stosowanych głośników			
	TC14WG (SG)69-08	TC14WG (SG)69-04	TC20TD (SD)05-06
Impedancja znamionowa [Ω]	8	4	6
Rezystancja cewki drgającej [Ω]	5,6	3,1	4,2
Moc znamionowa (IEC 268-5) [W]	40	40	90
Moc impulsowa (IEC 268-5) [W]	110	110	800
Efektywność (2,83V/1m) [dB]	86	87	90
Częstotliwość rezonansowa fs [Hz]	53	52	1400
Objętość ekwiwalentna Vas [dm ³]	10,5	10,5	-
Dobroć mechaniczna Qms	2,73	2,79	3,1
Dobroć elektryczna Qes	0,53	0,44	1,76
Dobroć całkowita Qts	0,45	0,38	1,12
Współczynnik siły BI [Tm]	5,2	4,3	2,0
Indukcyjność cewki drgającej [mH]	0,68	0,45	b.d.
Średnica cewki drgającej [mm]	25	25	20
Wysokość cewki drgającej [mm]	10	10	1,3
Wysokość szczeliny [mm]	4	4	2
Powierzchnia membrany [cm ²]	80	80	4,4
Masa drgająca [g]	7,8	8,1	0,2

stalowej puszkii. Doklejenie pierścienia, a także założenie puszkii, to modyfikacje, które można przeprowadzić samodzielnie (o ile zdobędzie się potrzebne elementy), uzyskując być może wystarczające w danych warunkach rezultaty, ale najskuteczniejsze ekranowanie jest spotykane tylko w produktach firmowych, gdyż wymaga jeszcze powiększenia średnicy górnej płyty układu magnetycznego, tak aby jej obwód był równy obwodowi puszkii.

Tylko 8Ω

Chociaż większość nowoczesnych wzmacniaczy stereofonicznych bez problemu daje sobie radę z obciążeniem 4Ω, to wśród wzmacniaczy i amplitunerów wielokanałowych zespoły głośnikowe 4Ω często wywołują panikę. Większość producentów tego typu sprzętu zaleca, aby impedancja obciążenia była nie mniejsza niż 6 omów. Jednocześnie, współczesne amplitunery wielokanałowe, choć ograniczone pod tym względem, dysponują jednak - nawet w najtańszych modelach - mocą znamionową co najmniej 50 watów (przy 8Ω) w każdym kanale. Jeśli projektujemy zespoły głośnikowe o podobnej mocy, nie ma żadnego powodu, aby 4Ω impedancją zmuszały one zasilające je wzmacniacze do oddawania większego prądu. Specyfika konstrukcji firmowych wzmacniaczy wielokanałowych stwarza pewien problem przy wyborze na rynku odpowiednich zespołów głośnikowych, gdyż obecnie dominują na nim, zwłaszcza wśród modeli wyższej klasy, konstrukcje 4Ω. Projektując system głośnikowy od



podstaw, możemy wymaganie wyższej impedancji łatwo uwzględnić.

Vifa TC

Duńska firma Vifa jest producentem wysokiej jakości głośników (tylko głośników, a nie zespołów głośnikowych). Bardzo blisko kooperując z inną duńską firmą, Scan-Speakiem, znaną z ekskluzywnych, hi-endowych głośników, Vifa jest zdolna do tworzenia bardzo innowacyjnych projektów (hitami ostatniego sezonu jest pierścieniowy głośnik wysokotonowy, zdolny do pracy od 2 do 50kHz, a także 18cm głośnik nisko-średniotonowy z membraną z włókien drzewnych), jak również, dzięki swojemu potencjałowi, do produkowania nowoczesnych głośników przy niskich kosztach, a więc dostarczania ich po atrakcyjnych cenach.

W serii głośników TC znajduje się kilka modeli głośników nisko-średniotonowych i wysokotonowych, które mogą znaleźć zastosowanie w konstrukcjach spełniających przedstawione wcześniej założenia.

Głośniki serii TC mają kosze polimerowe, wzmacniane włóknem szklanym. Jest to technologia tańsza niż w przypadku koszy odlewanych, ale też nowocześniejsza niż w przypadku koszy wytłaczanych z blachy - kosze polimerowe mają wysokie tłumienie drgań wewnętrznych, nie ko-

rodują, nie ściągają strumienia magnetycznego. Metoda wtryskowa pozwala uzyskiwać dowolne kształty i projektować drobne detale, podnoszące estetykę. Kosze głośników TC mają wąskie, opływowe żebra, nie zakłócające przepływu powietrza od tylnej strony membrany, a wykonanie zewnętrznego pierścienia głośników nisko-średniotonowych nie wymaga podfrezowań w przedniej ścianie zespołu głośnikowego (pozwala to uprościć wykonanie obudów). Głośniki mają ujednolicone wzornictwo, co podnosi estetykę każdej konstrukcji na nich opartej, jak i całego systemu. Dostępne są wersje głośników nisko-średniotonowych z pościanymi kieszonkami, co pozwala minimalizować szerokość obudów.

Wszystkie głośniki nisko-średniotonowe mają membrany celulozowe powlekane, z nacięciami NRSC redukującymi rezonanse powstające między cewką a górnym zawieszeniem. Zawieszenia są z gumy o niskiej stratności, aby nie tłumiły mikroimpulsów. Układy magnetyczne są wentylowane.

Każdy głośnik nisko-średniotonowy występuje w wariantach 4 i 8Ω, co pozwala projektować konstrukcje z jednym lub dwoma głośnikami nisko-średniotonowymi, zachowując impedancję znamionową 8Ω.

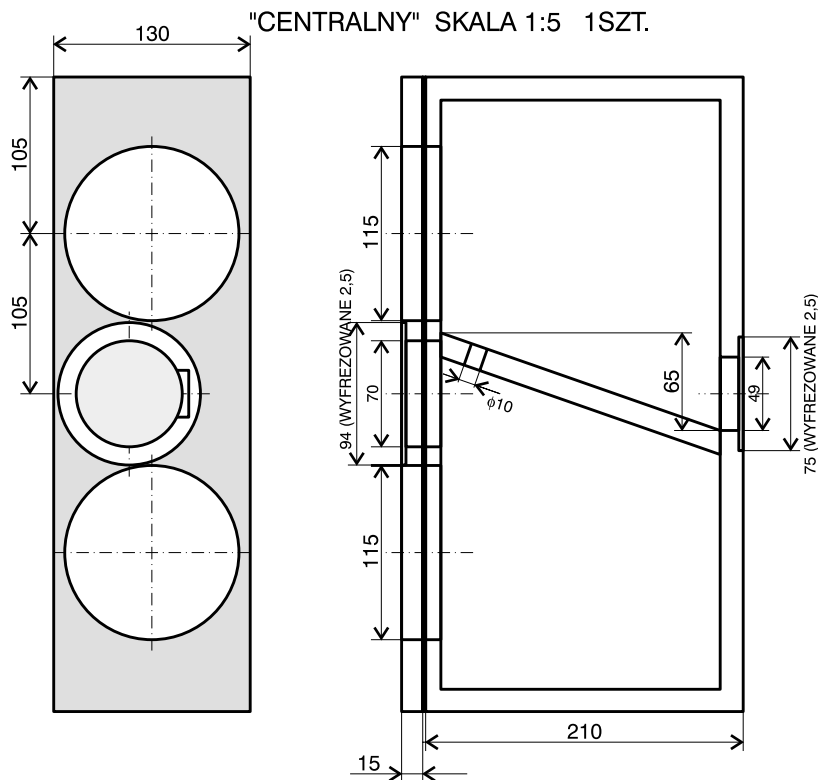
Każdy model dostępny jest również w wersji ekranowanej magnetycznie (ekranowanie pełne, z dodatkowym pierścieniem i puszką). Z głośnikami TC można więc tworzyć wiele różnych, ale dobrze uzupełniających się konstrukcji.

14 i 20

Zaprojektowaliśmy pięć podstawowych modeli (występujących w różnych wariantach), używając głównie dwóch typów głośników (14cm nisko-średniotonowy i 20mm kopułka tekstylna) w różnych wariantach impedancji i ekranowania. Głośnik kalibru 14cm, dzięki umiarkowanej średnicy membrany, cechuje się nie tylko dobrą liniowością charakterystyki przetwarzania na osi głównej, ale także dobrymi charakterystykami kierunkowymi w całym zakresie średnich częs-

Klasyczny układ głośnika **centralnego** - głośnik wysokotonowy między parą nisko-średniotonowych. AKT Center charakteryzuje się wyjątkowo niską obudową (13-cm), która powinna zmieścić się na każdej półce pod lub nad telewizorem.





Rys. 4. Projekt obudowy AKT Center.

totliwości. Pozwala to określić wyższe częstotliwości podziału, i zastosować kopułkę wysokotonową mniejszą od standardowych 25mm, dzięki czemu uzyskujemy również lepsze charakterystyki kierunkowe w zakresie wysokich częstotliwości. Same obudowy zostały zunifikowane w wielu wymiarach - wszystkie mają szerokość 13cm.

Kino domowe w pięciu aktach

Wśród pięciu modeli jest jedna klasyczna konstrukcja głośnika centralnego - AKT Center, który może być stosowany również na wszystkich innych pozycjach systemu, tworząc doskonale zharmonizowany zestaw. Jednak na pozycji innej niż centralna nie musi być ekranowany magnetycznie - zbudowany jest wówczas z tych samych nieekranowanych głośników i nosi symbol AKT Center M.

Najmniejszy model w rodzinie to AKT Monitor - przeznaczony przede wszystkim do roli zespołu tylnego, ale mogący również samodzielnie tworzyć kompletny, kompaktowy w wymiarach system, występując w roli centralnego w wersji ekranowanej, jako AKT Monitor E.

AKT 1 to układ głośników z AKT Monitor, ale w większej obudowie wolnostojącej, proponowany jako zestaw główny i tylny, podczas gdy w centrum wystąpi AKT Monitor E, ewentualnie tylko jako zestaw główny z Monitorem z tyłu i w centrum, albo tylko jako zestaw tylny, podczas gdy jako centralny stosowany będzie AKT Center, a jako zespoły główne - AKT 2 lub AKT 3.

AKT 2 to z kolei zespół wolnostojący o podobnym potencjale, jak AKT Center - cztery AKT 2 i jeden AKT Center stworzyć

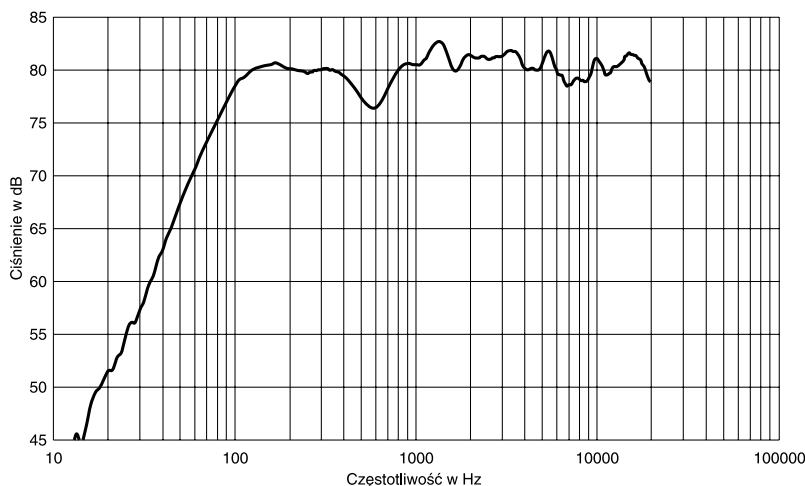
mogą świetnie zgrany system, ewentualnie z tyłu można użyć mniejszych AKT 1 lub AKT Monitor.

Najbardziej rozwinięty konstrukcyjnie jest trójdrożny AKT 3. Dla niego partnerami z tyłu również mogą być AKT 1, AKT 2 lub AKT Monitor 1.

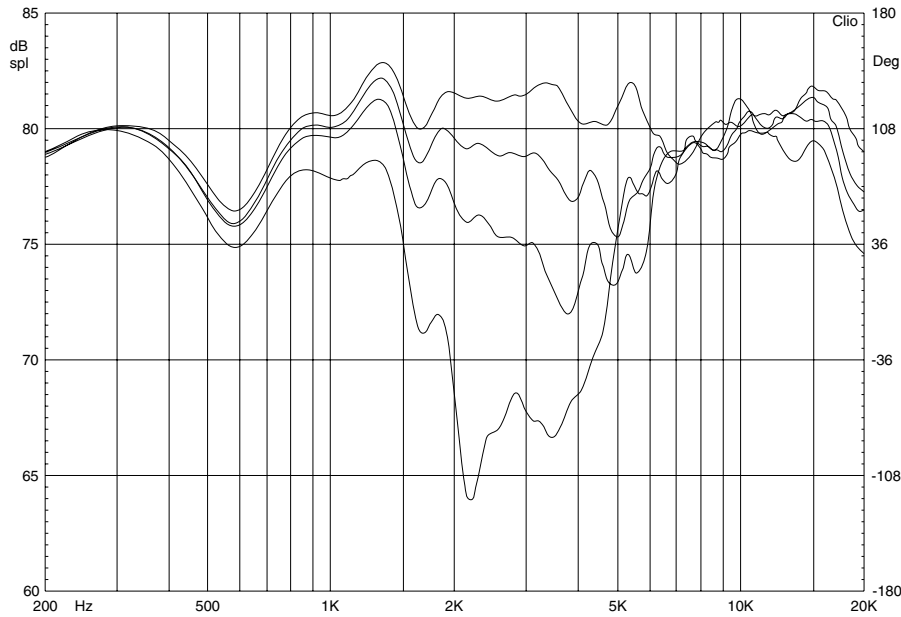
AKT Center

Zespoły głośnikowe przeznaczone do roli centralnych mają najczęściej konfigurację głośników zbliżoną do symetrycznych - tzn. z głośnikiem wysokotonowym pomiędzy dwoma głośnikami nisko-średniotonowymi, w ustawieniu poziomym. Ustawienie poziome nie jest dyktowane walorami akustycznymi, a tylko wygodą ułożenia zespołu na telewizorze lub na półce szafki. Ustawienie głośników w osi poziomej daje w rezultacie gorsze charakterystyki kierunkowe w płaszczyźnie poziomej niż w płaszczyźnie pionowej, odwrotnie niż w przypadku typowych zespołów głośnikowych z pionową konfiguracją głośników. Aby uzyskać najlepsze możliwe charakterystyki kierunkowe przy konfiguracji symetrycznej, należy głośniki nisko-średniotonowe jak najbardziej zbliżyć do siebie. Dzięki nasunięciu koszy głośników nisko-średniotonowych na zagłębioną w wyfrezowaniu obudowę kopułki wysokotonowej, możliwe było zbliżenie ich do siebie na odległość 21cm.

Obudowa (rys. 2) została wewnątrz podzielona na dwie części ukośną przegrodą. Usztywnia ona konstrukcję i redukuje zjawisko



Rys. 2. AKT Center - charakterystyka przetwarzania.

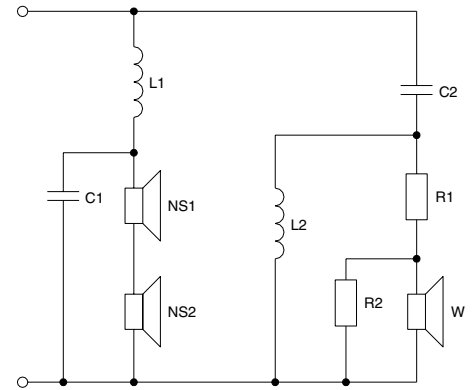


Rys. 3. AKT Center - charakterystyki przetwarzania w zakresie średnio-wysokotonowym zmierzone pod różnymi kątami.

powstawania fal stojących między równoległymi ściankami. Każda 3,5-litrowa komora zamyka jeden 14-cm głośnik, który w wersji 4Ω osiąga w tej objętości dobroć Q_{tc} na poziomie 0,7. Charakterystyka przetwarzania wykazuje spadek -6dB przy ok. 75Hz (rys. 3). Nie jest to więc obudowa zdolna do odtwarzania niskiego basu, jednak w ramach systemów przekierowujących najniższe częstotliwości do subwoofera (poniżej 80Hz według DolbyDigital) możliwości AKT Center są wystarczające. Podobne wnioski wyciągnąć można analizując charakterystykę wytrzymałości (symulacja w programie Boxcalc, tutaj nie pokazana) - bez przeciążenia można do AKT Cen-

ter dostarczyć w pełnym pasmie moc do 60W, a w pasmie powyżej 80Hz - do 80W.

W całym pasmie przetwarzanym przez Center równomierność charakterystyki przetwarzania utrzymuje się w granicach ± 3 dB, a gdyby nie lokalne obniżenie przy ok. 500Hz, uzyskalibyśmy nawet ± 2 dB (rys. 2). Rodzina charakterystyk w zakresie średnio-wysokotonowym pokazuje działanie Center na osi głównej (najwyższa) oraz pod kątami 15°, 22° i 30° w płaszczyźnie poziomej (odpowiednie charakterystyki na lewo i prawo są bliźniacze, ze względu na symetrię układu). Dzięki pierwotnemu (na osi głównej) lekkiemu wyeksponowaniu



Rys. 5. Schemat zwrotnicy AKT Center.

charakterystyki w zakresie 2..5kHz, występujące pod kątem 15° osłabienie tego zakresu nie powoduje wyjścia charakterystyki poza granice ± 3 dB. Pod kątem 22° osłabienie się powiększa, ale jeszcze nie tworzy „dziury” na charakterystyce. Następuje to dopiero pod kątem 30° - należy przyjąć, że uczestniczące w seansach VIP-y nie powinny znajdować się poza obszarem wyznaczonym przez kąt $\pm 22^\circ$ względem osi głównej.

Andrzej Kisiel, Audio

WYKAZ ELEMENTÓW

Zestaw centralny

Rezystory

R1: 3,3Ω

R2: 6,8Ω

Kondensatory

C1, C2: 4,7μF

Różne

L1: 1,5mH

L2: 0,33mH