

Głośniki i zestawy głośnikowe

(1)

Współczesne głośniki niewiele zmieniły się od czasu ich wynalezienia.

Wprawdzie od wielu lat wiele firm pracuje nad udoskonaleniem ich konstrukcji, jednak podstawowa zasada działania nie zmieniła się.

Zasada działania i budowa

Zasada działania głośnika wywodzi się ze znanego z fizyki zjawiska oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik, przez który płynie prąd. Przewodnik ten, w formie cewki przymocowanej do stożkowej membrany, umieszczony w polu magnetycznym stałego magnesu, stanowi serce głośnika. Po przyłączeniu zmiennego napięcia do zacisków cewki wychyla się ona wraz z membraną do przodu lub do tyłu, zależnie od chwilowej polaryzacji napięcia.

Wprawdzie znane są głośniki działające na nieco innej zasadzie, a mianowicie głośniki elektrostatyczne i jonowe, ale są one rzadko stosowane. Tak więc głośnik dynamiczny dominuje, jak na razie, niepodzielnie. Ponieważ jednak wszystko co zbyt uniwersalne jest z konieczności zbiorem kompromisów, wprowadzono podział głośników na: niskotonowe, średnionowe i wysokotonowe. Szczegóły budowy głośnika dynamicznego są przedstawione na rys. 1. Stożkowa membrana przesuwa się do przodu lub do tyłu, poruszając masy powietrza znajdujące się w jej otoczeniu. Tak powstaje fala dźwiękowa. Siłę, z jaką pole magnetyczne oddziałuje na przewodnik z prądem, określa wzór:

$$F = B i l$$

w którym:

B – indukcja magnetyczna w szczelinie,

i – prąd płynący przez uzwojenie,

l – długość przewodu w uzwojeniu.

W głośnikach dąży się na ogół do maksymalizacji siły F, szczególnie dotyczy to głośników niskotonowych. Jeżeli założyć, że wartość prądu, która jest ograniczona średnicą prze-

wodu w uzwojeniu cewki, nie ulega zmianie, to aby zwiększyć wartość siły pozostaje jedynie zwiększyć indukcję w szczelinie oraz długość uzwojenia.

Ta ostatnia wielkość jest jednak mocno ograniczona ze względu na małą przestrzeń, w której porusza się cewka. Pozostaje zatem indukcja. Dlatego też współczesne głośniki są wyposażone w potężne magnesy, zapewniające wytworzenie w szczelinie indukcji rzędu 1T (10 000 Gs).

Duża wartość indukcji magnetycznej w szczelinie ma wpływ na sprawność głośnika oraz tłumi niepożądane rezonanse układu drgającego.

Pewnym problemem jest odprowadzanie ciepła z uzwojenia cewki. Nadmierne nagrzewanie się cewki może doprowadzić do odkształceń korpusu i jej ocierania w wąskiej szczelinie magnetycznej. Jest to jednoznaczne z uszkodzeniem układu drgającego. Dlatego często cewki głośników większej mocy są nawijane na korpusach aluminiowych.

Chłodzenie cewki jest zapewniane przez ruch w szczelinie. Są jednak awaryjne sytuacje, gdy do głośnika jest doprowadzona moc elektryczna, a cewka się nie porusza. Może to wystąpić w przypadku zablokowania cewki w szczelinie lub uszkodzenia beztransformatorowego wzmacniacza mocy, gdy na jego wyjściu pojawi się duże napięcie stałe. Współczesne wzmacniacze są wyposażone zwykle w układy kontrolne odłączające obciążenie w kilkadziesiąt milisekund, jednak gdy ich nie ma, głośnik ulega zniszczeniu w krótkim czasie.

Podstawę konstrukcyjną głośnika stanowi tzw. kosz. Jest to zwykle solidna metalowa konstrukcja, która w głośnikach mniejszych wykonana jest w postaci wytłoczki z blachy, natomiast w dużych głośnikach niskotonowych na ogół jest to odlew aluminiowy. Do kosza przymocowany jest obwód magnetyczny, zbudowany w postaci zespołu, złożonego z silnego pierścienia magnesu stałego oraz nabiegunników. Nabiegunniki wykonane z miękkiej stali przyczyniają się do koncentracji pola magnetycznego w szczelinie. Dodatkową ich funkcją jest pośrednie odbieranie ciepła z cewki. Membrana połączona z cewką jest umocowana do kosza w dwóch miejscach za pomocą specjalnie ukształtowanych elastycznych pierścieni. Jest to tzw. zawieszenie

górne i dolne głośnika. Dzięki temu posuwisto-zwrotny ruch cewki w szczelinie odbywa się równoległe do osi, bez otarć o nabiegunniki. Zawieszenie membrany musi być szczególnie dobrze rozwiązane w głośnikach niskotonowych, gdyż dużych rozmiarów ciężkie membrany oraz znaczne jej wychylenia w przypadku złego prowadzenia przyczyniłyby się szybko do zniszczenia całego układu ruchomego.

Charakterystyka częstotliwościowa głośnika

Głośnik jako urządzenie elektromechaniczne cechuje się dużą nierównomiernością charakterystyki częstotliwościowej. Jak każdy układ mechaniczny ma pewne własne rezonanse, niekorzystnie odbijające się na jego podstawowym zadaniu, jakim jest zamiana energii elektrycznej na akustyczną.

Szczególnie jest "upośledzone" przetwarzanie małych częstotliwości. W tym zakresie bowiem znajduje się częstotliwość rezonansu mechanicznego głośnika, a więc częstotliwość, przy której następuje wzrost impedancji widzianej z jego zacisków.

Poniżej częstotliwości rezonansowej charakterystyka częstotliwościowa szybko opada. To zjawisko ogranicza zakres przetwarzania niskich tonów, jednak odpowiednia konstrukcja obudów głośnikowych umożliwia złagodzenie skutków. Przykładowy przebieg charakterystyki częstotliwościowej oraz zmiany impedancji w funkcji częstotliwości są przedstawione na rys. 2.

Jak już wspomniano, w celu poprawy parametrów głośniki są budowane na określone pasmo częstotliwości. Z tego względu, aby pokryć pełne pasmo akustyczne, czyli zakres 20 Hz ÷ 20 kHz, w zestawie muszą pracować 2 ÷ 3 specjalizowane głośniki.

Budowane są również konstrukcje szerokopasmowe, sprowadzają się one jednak zwykle do umieszczania w jednej obudowie dwóch głośników lub przynajmniej dwóch membran. Natomiast w popularnym tanim sprzęcie radiofonicznym są stosowane głośniki, które przenoszą w zasadzie środkowe pasmo częstotliwości.

Osobną grupę stanowią głośniki służące do nadawania komunikatów. Charakteryzują się dużą skutecznością, ale stosunkowo wąskim

zakresem przenoszenia częstotliwości. Są to zwykle konstrukcje tubowe. Konstrukcje tubowe spotykane są również w zestawach, gdzie pełnią funkcje głośników wysoko- lub średniotonowych.

Głośniki niskotonowe

Głośniki niskotonowe charakteryzują się dużymi rozmiarami i masywną konstrukcją, co spowodowane jest małą wartością rezystancji akustycznej dla małych częstotliwości. Przenoszą pasmo częstotliwości od kilkudziesięciu herców do kilku kiloherców. One też wyznaczają moc zestawu, stanowiąc największy jej odbiornik (typowo od kilkudziesięciu do kilkuset watów).

Aby prawidłowo przetwarzać małe częstotliwości głośniki muszą się charakteryzować małą częstotliwością rezonansową układu drgającego (20 ÷ 60 Hz).

Istnieje jeszcze inne ograniczenie wpływające na konstrukcję głośnika. Aby, przy stałym ciśnieniu akustycznym, dwukrotnie zmniejszyć częstotliwość drgań, należy czterokrotnie zwiększyć objętość przemieszczanego powietrza. Przykładowo dla częstotliwości:

100 Hz wynosi 55 cm³

50 Hz wynosi 220 cm³

25 Hz wynosi 880 cm³

odpowiada to wychyleniu membrany głośnika dla: 100 Hz ± 0,5 mm

50 Hz ± 2 mm

25 Hz ± 8 mm.

Tak duży skok cewki wymaga układu drgającego o dużej liniowości. Na rys. 3 przedstawiono przekrój wysokiej klasy głośnika niskotonowego stosowanego w zestawie TITAN firmy Quadral, a na rys. 4 – jego szczegóły konstrukcyjne. Wychylenie membrany w tym głośniku może osiągać ±9 mm.

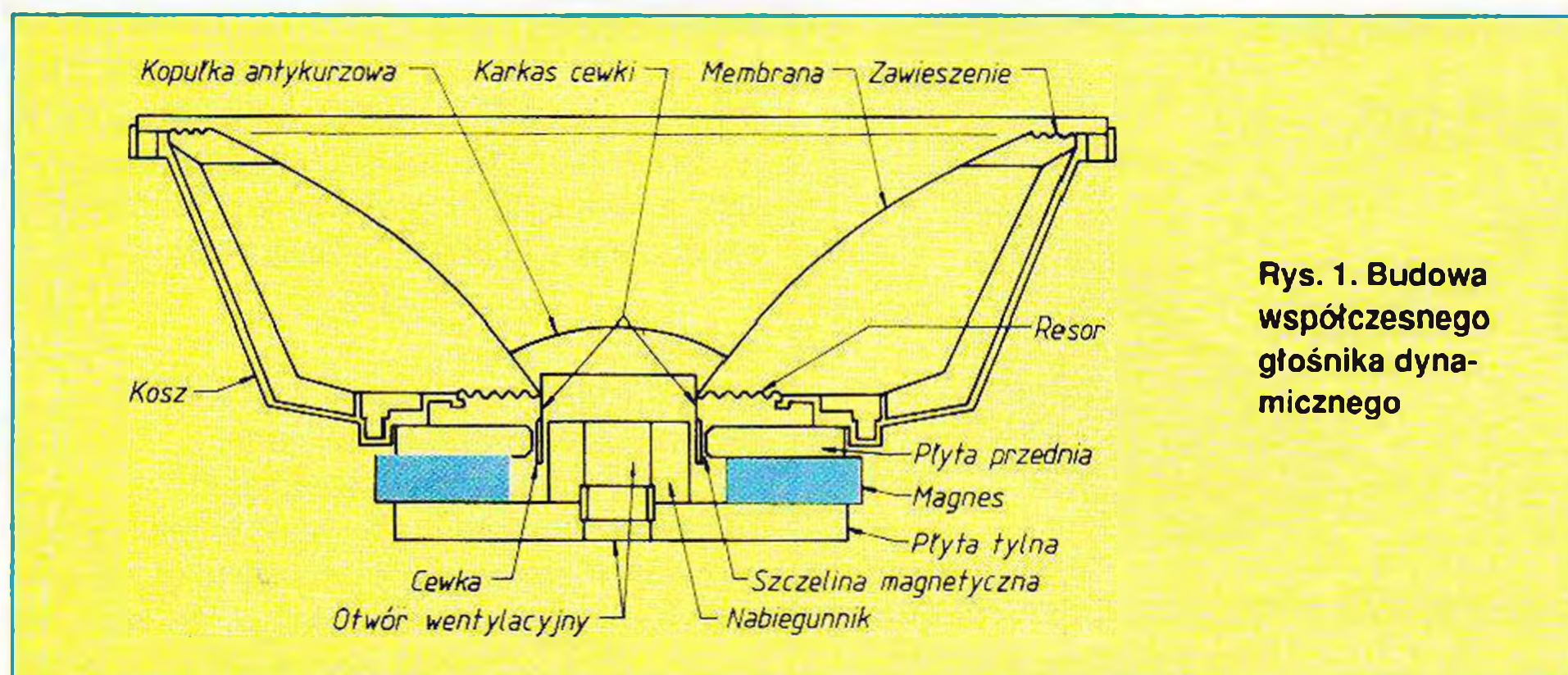
Głośniki średniotonowe

I wysokotonowe

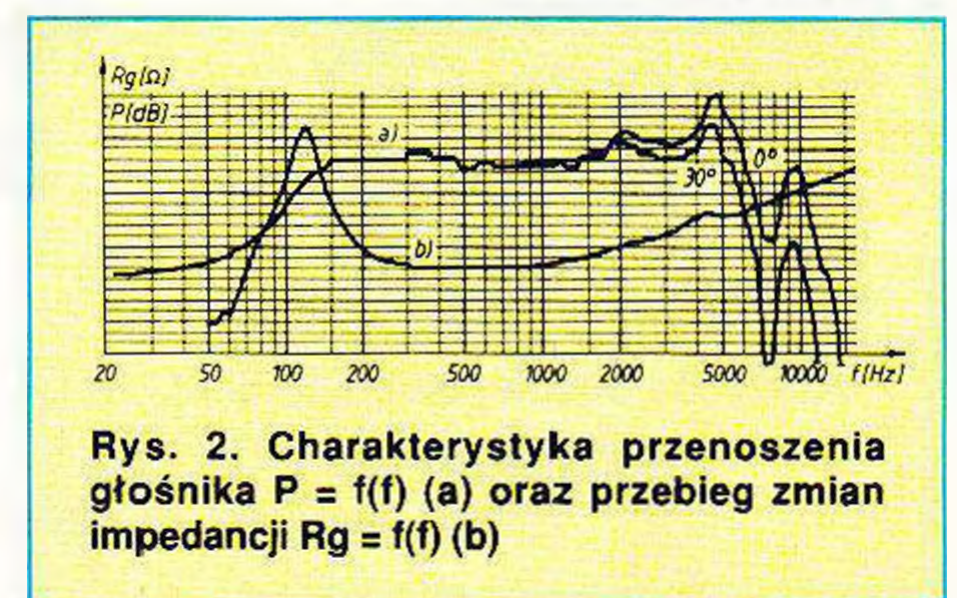
Głośniki średniotonowe są projektowane na zakres częstotliwości od kilkuset herców do kilku kiloherców (typ. 250 Hz ÷ 4 kHz).

Od głośnika średniotonowego wymaga się dużej skuteczności, ale i bardzo małych zniekształceń sygnału, stąd oprócz konstrukcji tradycyjnych powstały konstrukcje z płaską membraną foliową. Widok głośnika średniotonowego firmy Quadral oraz jego części składowe przedstawiono na rys. 5.

Głośniki wysokotonowe przenoszą częstotli-



Rys. 1. Budowa współczesnego głośnika dynamicznego



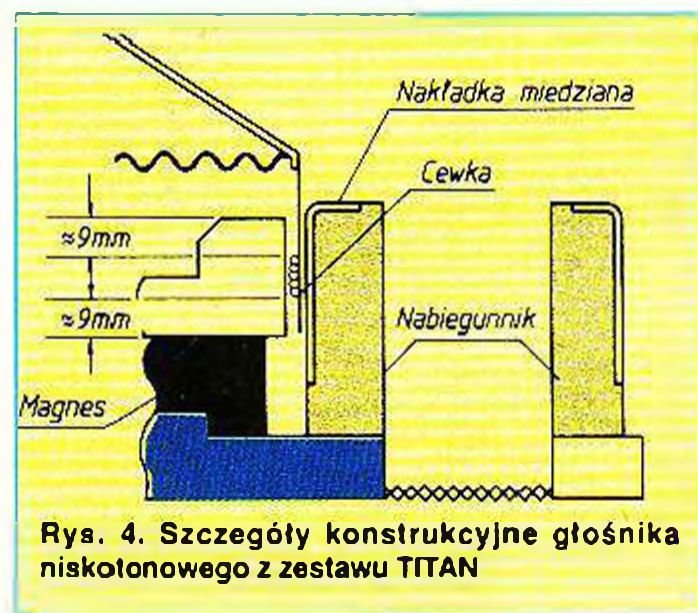
Rys. 2. Charakterystyka przenoszenia głośnika $P = f(f)$ (a) oraz przebieg zmian impedancji $R_g = f(f)$ (b)



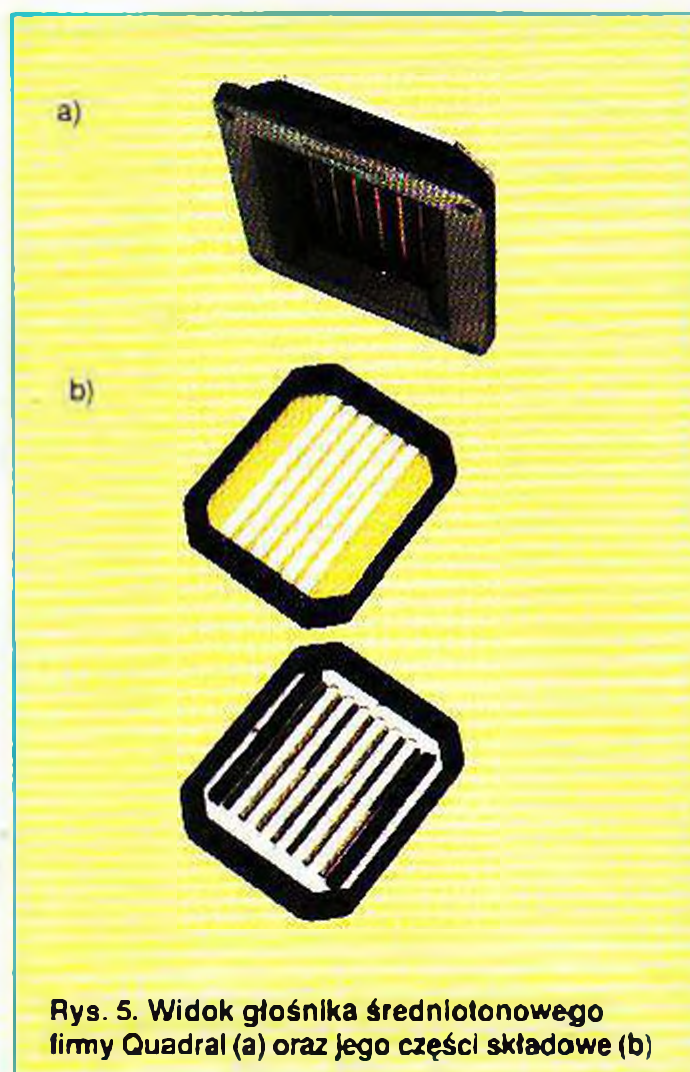
Rys. 3. Przekrój głośnika niskotonowego z zestawu TITAN firmy Quadral

wości górnej części pasma od kilku do kilkudziesięciu kiloherców.

Głośniki wysokotonowe są konstruowane zwykle jako kopułkowe. Są one znane i powszechnie stosowane od kilkudziesięciu lat. Podstawową trudnością przy konstruowaniu tego typu głośników jest, oprócz odprowadzania ciepła z cewki, kierunkowość promieniowania. Zjawisko kierunkowości promieniowania wynika

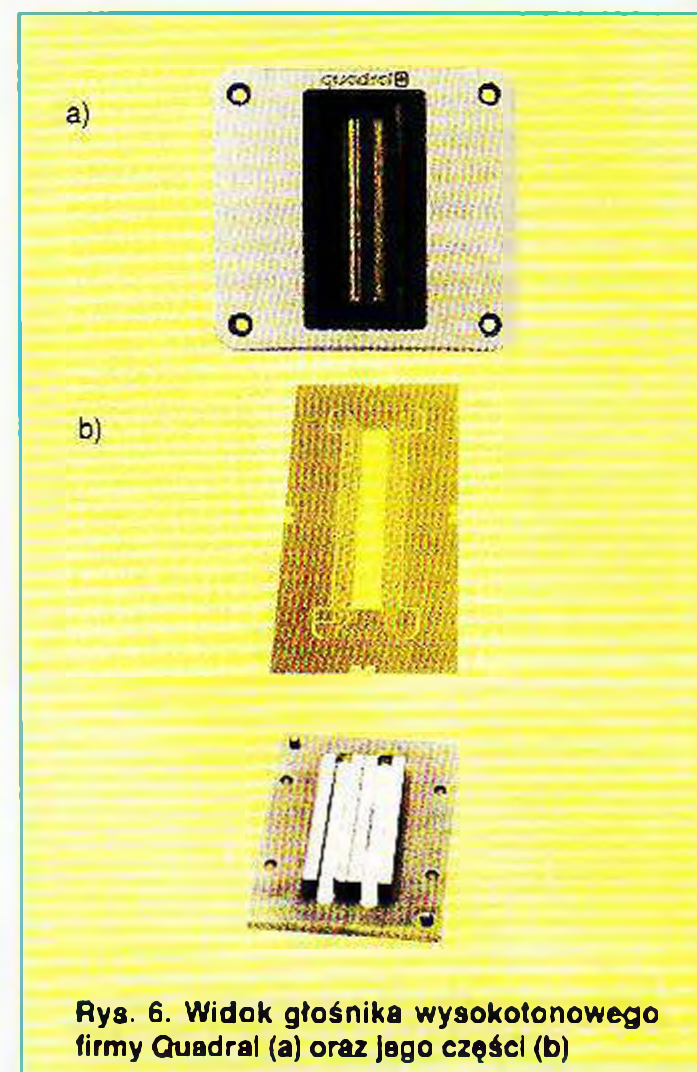


Rys. 4. Szczegóły konstrukcyjne głośnika niskotonowego z zestawu TITAN



Rys. 5. Widok głośnika średnionowego firmy Quadral (a) oraz jego części składowe (b)

z bardzo małej długości fal w tym zakresie, dla częstotliwości 10 kHz wynosi ona 3,4 cm. Firma Quadral pokusiła się o opracowanie głośnika z płaską membraną foliową również dla tonów wysokich. Tego typu konstrukcja wymaga bardzo małych i bardzo silnych magnesów. Zastosowano tu połączenie neodym – bor. Magnesy wykonane z tego materiału charakteryzuje 10-krotnie większa gęstość energii magnetycznej niż konstrukcji ferry-



Rys. 6. Widok głośnika wysokotonowego firmy Quadral (a) oraz jego części (b)

towej. System magnetyczny zapewnia, że membrana porusza się bardzo równomiernie. Głośnik przenosi sygnały o częstotliwości do 80 kHz. Widok głośnika oraz jego części składowe przedstawiono na rys. 6.

Maciej Feszczuk

Słowa kluczowe: GŁOŚNIKI, ZESTAWY GŁOŚNIKOWE, ZASADY FUNKCJONOWANIA

Głośniki i zestawy głośnikowe (2)

Obudowy głośnikowe

Przy małych częstotliwościach, gdy długość fali jest duża w porównaniu z wymiarami membrany, występuje zjawisko akustycznego zwarcia. Polega ono na tym, że fala wypromieniowana przez przednią ściankę membrany znosi się z falą wypromieniowaną przez ściankę tylną, która jest przesunięta w fazie o 180° . Na przykład, dla częstotliwości 34 Hz długość fali wynosi 10 m. Dodatkowe przesunięcie fazy wynikające z potrzeby okrążania głośnika o średnicy, przyjmijmy 30 cm, jest więc pomijalne. Głośnik będzie pobierał znaczną moc, która nie będzie przekształcana w użyteczną falę akustyczną. Zjawisko będzie występowało do częstotliwości ok. 300 Hz, przy której wymiary membrany głośnika są już współmierne z długością fali.

Należy więc rozdzielić fale promieniowane przez przednią i tylną ściankę membrany. Do tego celu służą właśnie obudowy.

Do najczęściej spotykanych typów obudów głośnikowych należą:

- obudowy otwarte,
- obudowy zamknięte (typu compact),
- obudowy z otworem (bass-reflex),
- obudowy tubowe,
- obudowy kombinowane.

Poszczególne typy obudów są przedstawione na rys. 7.

Zastosowanie obudowy zdecydowanie poprawia odtwarzanie w zakresie małych częstotliwości, jednak przebieg charakterystyk daleki jest od ideału. Oczywiście bardzo wiele zależy od staranności zestrojenia systemu głośnik - obudowa. Dotyczy to głównie obudów, w których wykorzystywana jest energia promie-

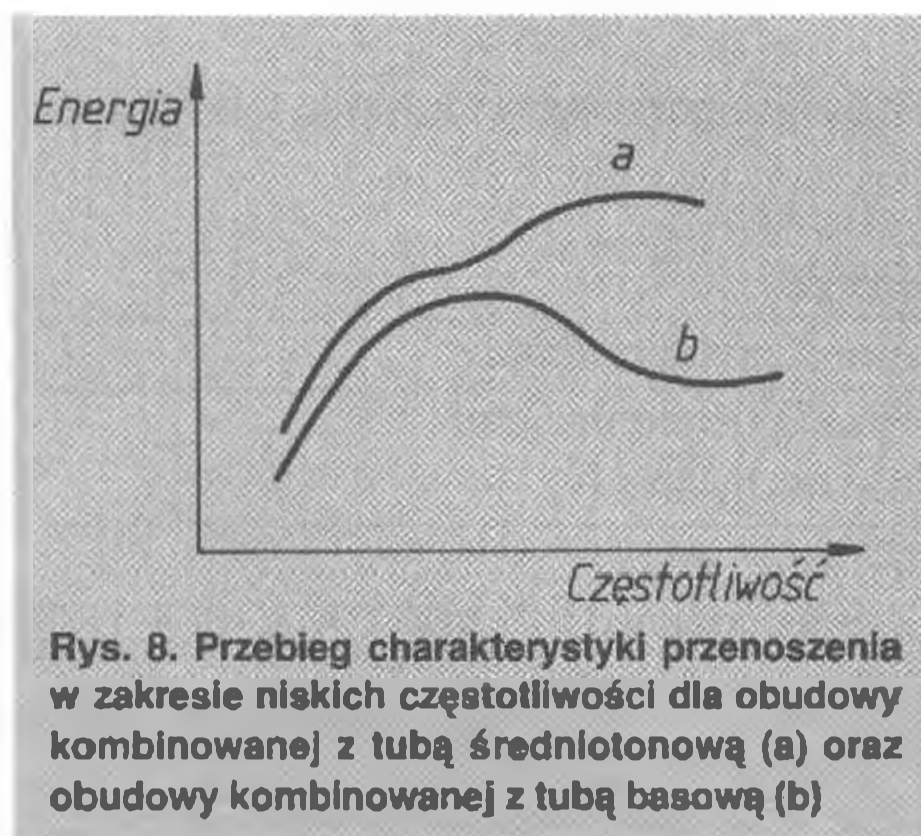
niowana przez tylną stronę membrany głośnika. Zaletą takiego rozwiązania jest znacznie większy współczynnik efektywności przetwarzania w porównaniu z obudową zamkniętą. Na rys. 8 przedstawiono przebieg charakterystyki przenoszenia w zakresie małych częstotliwości dla obudowy kombinowanej z tubą średniotonową oraz obudowy kombinowanej z tubą basową.

Praca głośników w zestawach

Głośniki przeznaczone do różnych pasm częstotliwości nie mogą oczywiście być po prostu równolegle połączone. Do każdego głośnika powinny dochodzić tylko te składowe częstotliwości, dla których przetwarzania został on zaprojektowany. Dlatego złożone systemy głośnikowe mają układy filtrów elektrycznych dzielących doprowadzany sygnał akustyczny na dwie lub trzy części. Na tej zasadzie budowane są kolumny dwudrożne lub trójdrożne – jak przedstawiono na rys. 9.

Widok wysokiej klasy trójdrożnej kolumny głośnikowej TITAN firmy Quadral przedstawiono na rys. 10, na którym pokazano także jej budowę wewnętrzną.

Kilkadziesiąt lat doświadczeń i prac projektowych doprowadziły poziom klasycznych rozwiązań głośników i kolumn głośnikowych niemal do granic możliwości fizycznych. Ciągłe jednak prawdziwi znawcy muzyki odczuwają niedosyt. Muzyka odtwarzana przez kolumny powinna wypełniać pomieszczenie odsłuchowe w taki sposób, jak czynią to instrumenty muzyczne. Jednak obecnie nawet najlepsze kolumny takiego pola dźwięku nie są w stanie wytworzyć. Do tego celu potrzebne są źródła



Rys. 8. Przebieg charakterystyki przenoszenia w zakresie niskich częstotliwości dla obudowy kombinowanej z tubą średniotonową (a) oraz obudowy kombinowanej z tubą basową (b)

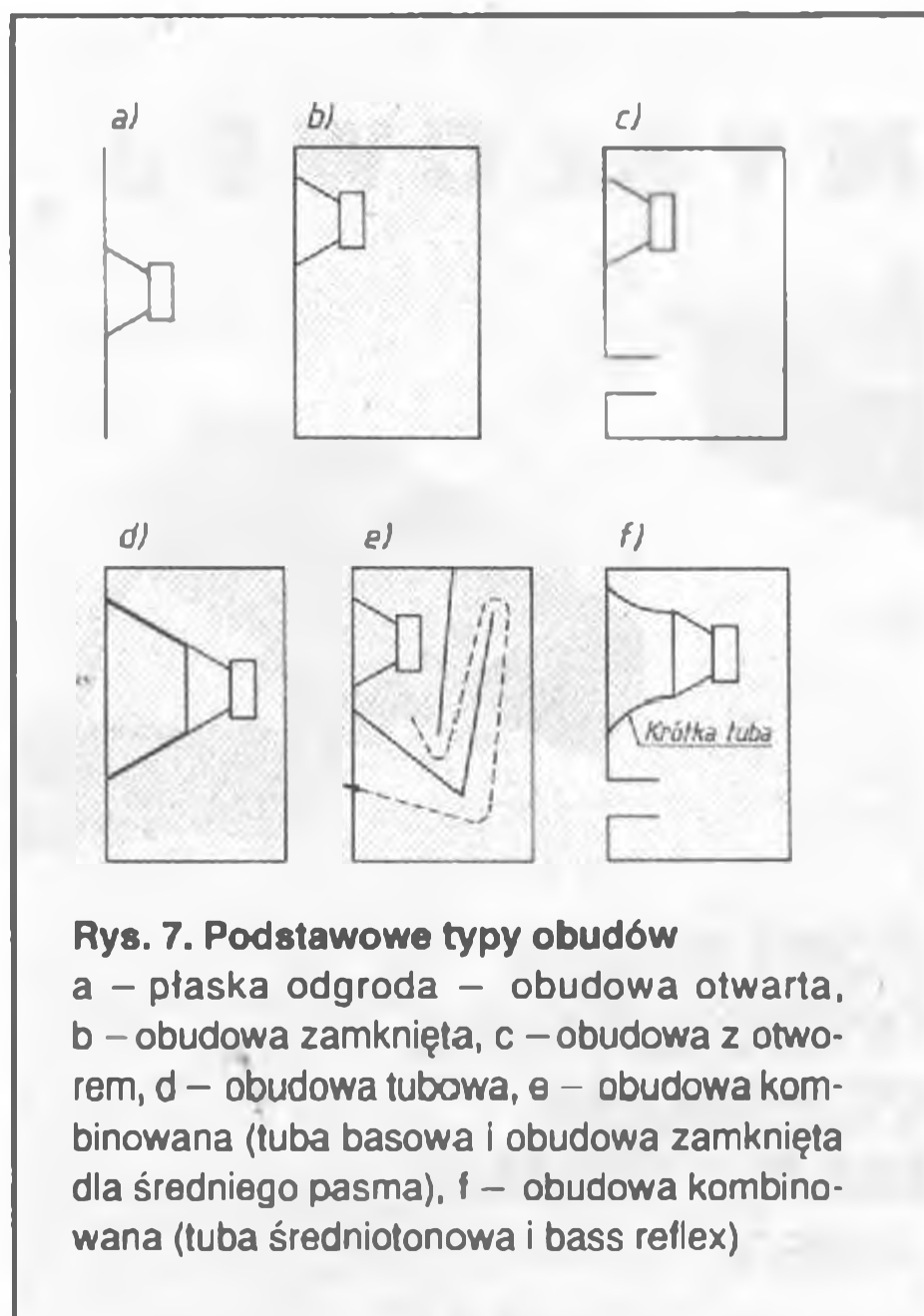
promieniowania radialnego (dookólnego) o dużej wierności przenoszenia impulsów. Takie wyzwanie podjęli konstruktorzy z niemieckiej firmy mbl przy współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie.

Dwadzieścia lat doświadczeń przy wykorzystaniu wspomaganie komputerowego zaowocowało konstrukcją odmienną od znanych dotychczas.

Napęd dynamiczny (magnes stały i cewka) co prawda pozostał, ale membrana przybrała całkowicie niespotykaną dotychczas postać zespołu wstążek, bardziej przypominającą lampiony niż głośnik (rys. 11).

Wstęgi umocowane są, z jednej strony na stałe, z drugiej połączone są z ruchomą cewką. W czasie ruchu cewki wstęgi wyginając się lub spłaszczając zachowują się jak pulsująca kula. W wyniku tego uzyskano niezniekształcone pole dźwiękowe, czego rezultatem jest niezwykła przestrzenność i naturalność dźwięku. Zestaw składa się z trzech oddzielnych przetworników dla każdej części pasma akustycznego, podobnie jak to ma miejsce w klasycznych kolumnach. Wstążki przetwornika niskotonowego wykonano ze stopu Al-Mg. Aby uzyskać neutralność brzmienia wewnętrzna ich strona pokryta jest pianką o otwartych porach.

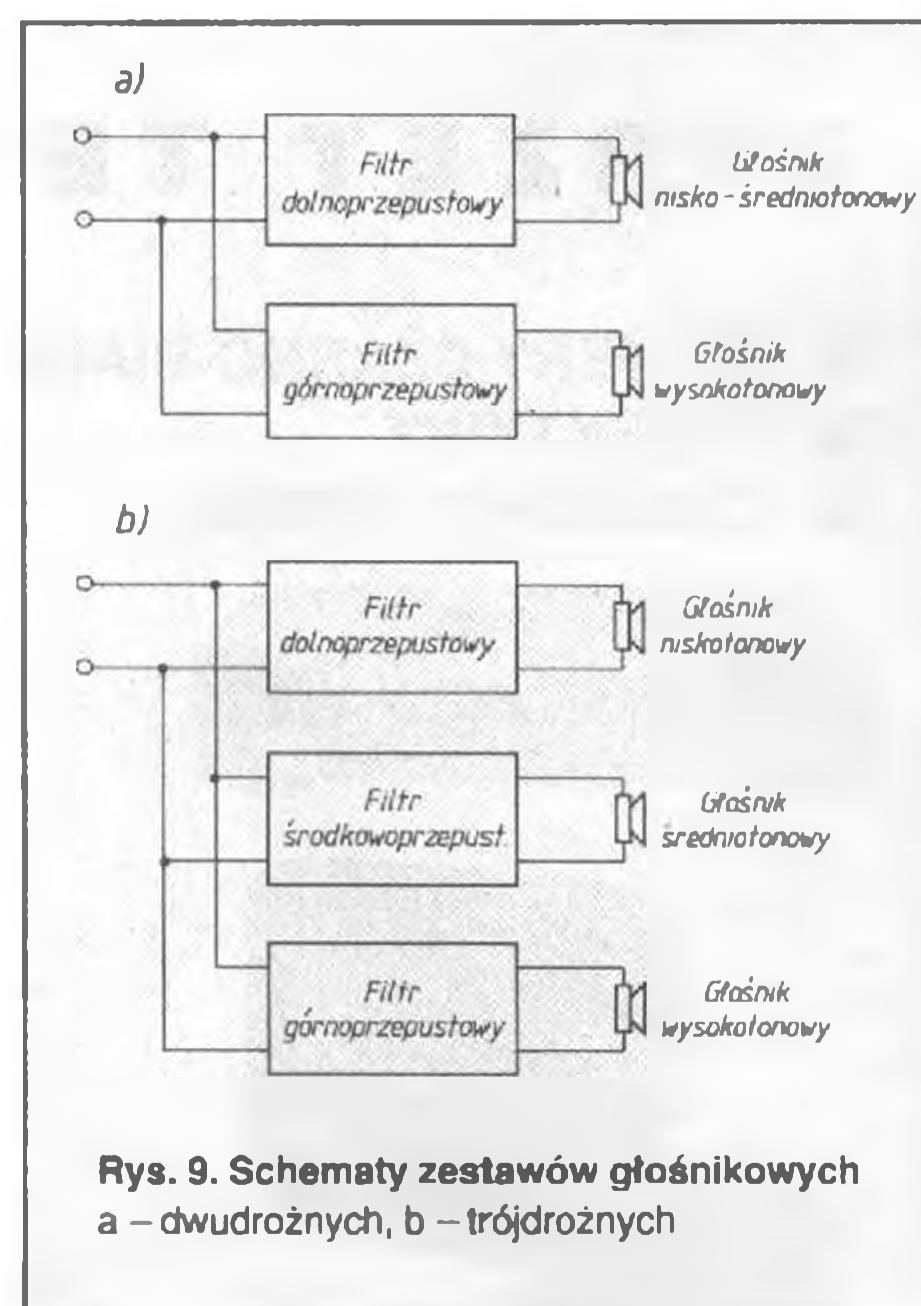
Wstążki przetworników średnio- i wysokotono-



Rys. 7. Podstawowe typy obudów

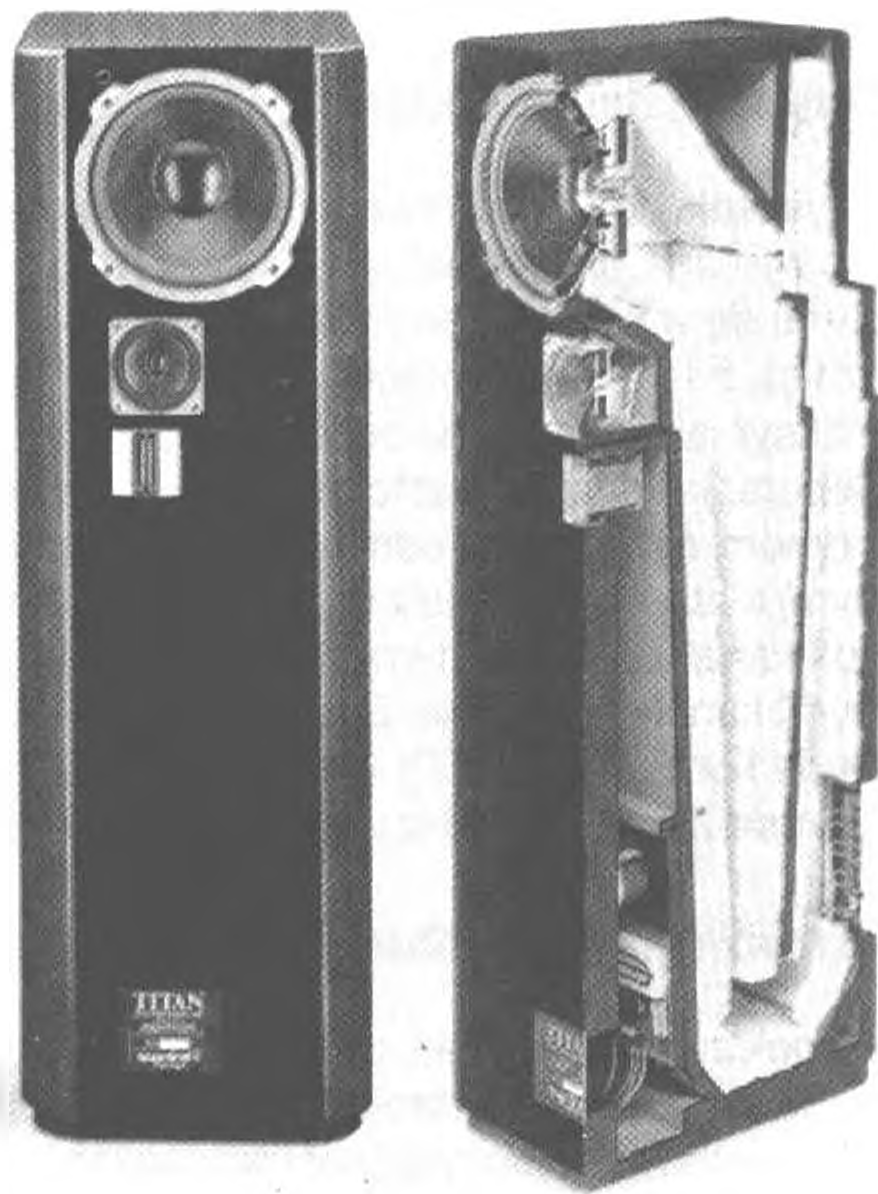
a – płaska odgroda – obudowa otwarta, b – obudowa zamknięta, c – obudowa z otworem, d – obudowa tubowa, e – obudowa kombinowana (tuba basowa i obudowa zamknięta dla średniego pasma), f – obudowa kombinowana (tuba średniotonowa i bass reflex)

Zastosowanie obudów głośnikowych jest wynikiem nie tylko potrzeby zamocowania głośników i nadania im estetycznego wyglądu. Obudowy mają znacznie ważniejsze zadanie akustyczne.



Rys. 9. Schematy zestawów głośnikowych a – dwudrożnych, b – trójdrożnych

wych wykonano z prasowanych włókien węglowych. Aby urządzenie mogło pracować z dużymi mocami elektrycznymi, cewki przetworników muszą być odpowiednio chłodzone. Odpowiednie warunki uzyskano przez poczerzenie korpusów oraz umieszczenie ich w płynie ferromagnetycznym. Całość umocowana jest na solidnej podstawie z odlewu aluminiowego, na której znajduje się również odpowiedni filtr.



Rys. 10 Kolumna głośnikowa TITAN firmy Quadral
a – widok po zdjęciu maskownicy, b – szczegóły konstrukcji

Parametry techniczne zestawu mbl 101 przewyższają inne konstrukcje. Szczególnie nie spotykana jest charakterystyka kierunkowości zestawu. W płaszczyźnie poziomej praktycznie idealnie radialna (rys. 12), w płaszczyźnie pionowej zniekształcona nieco wskutek istnienia podstawy.

Płaska charakterystyka częstotliwościowa w zakresie od 50 Hz oraz prawie płaski przebieg impedancji w funkcji częstotliwości odpowiadają najlepszym klasycznym konstrukcjom.

Dane techniczne zestawu mbl 101

Pasma przenoszenia:	35 Hz ÷ 70 kHz
Efektywność:	80 dB/W/1 m
Częstotliwość podziału:	600 Hz/3500 Hz
Moc znamionowa:	200 W
Moc muzyczna:	500 W
Impedancja:	4 Ω
Wymiary:	35x76x35 cm
Masa:	23 kg

LITERATURA

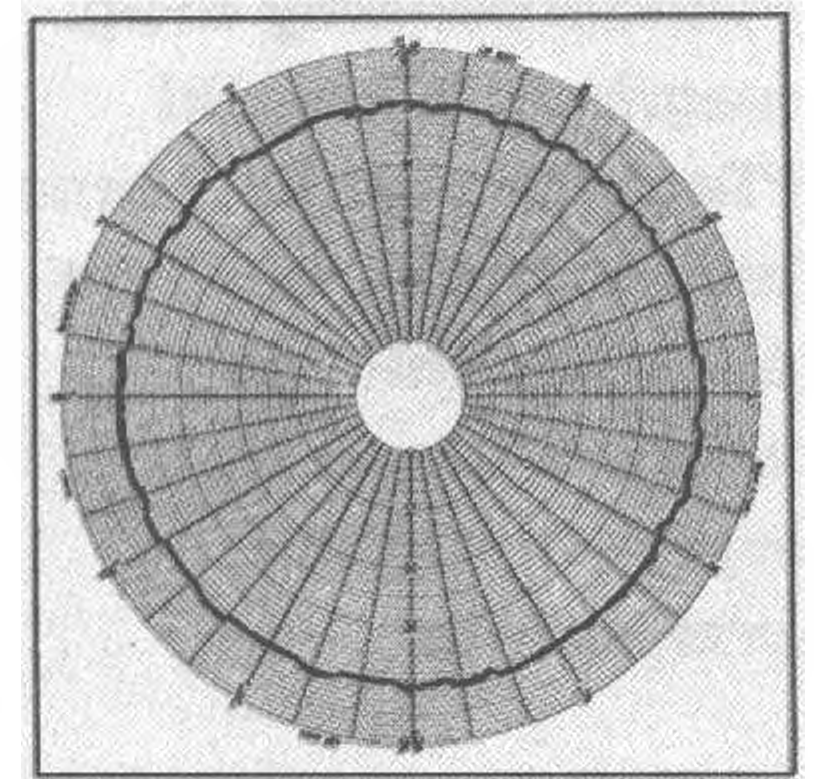
- [1] Witort A. – Głośniki i zespoły głośnikowe. WKŁ Warszawa, 1976 r.
- [2] Witort A. – Zestawy głośnikowe. NOT-SIGMA, Warszawa 1986 r.
- [3] Materiały firmy Quadral
- [4] Materiały reklamowe firmy mbl
- [5] Biblia dźwiękowca - Bel acoustic

- Maciej Feszczuk

Słowa kluczowe: GŁOŚNIKI, ZESTAWY GŁOŚNIKOWE, ZASADY FUNKCJONOWANIA



Rys. 11. Widok zestawu głośnikowego mbl 101



Rys. 12. Charakterystyka kierunkowości w płaszczyźnie poziomej zestawu mbl 101