

Poczynając od niniejszego numeru, przystępujemy zgodnie z zapowiedzią do publikowania opisów modeli konkursowych. W pierwszej kolejności będziemy zamieszczali przygotowane do druku opisy modeli nagro-

dzonych i wyróżnionych (bez względu na kolejność nagród).

Opisy, które wymagają przeróbek (uzupełnień) przez autorów, będą zamieszczane w następnej kolejności.

Konrad Widelski

## ZESTAW STEREOFONICZNY

Wykonany przeze mnie zestaw aparatury służy do reprodukcji nagrań stereofonicznych. Jest on przystosowany do odtwarzania jedynie nagrań płytowych, bowiem stereofoniczne nagrania na taśmie magnetycznej są jak do tej pory całkowicie nieosiągalne (z wyjątkiem ew. nagrań amatorskich).

Aparatura jest prosta w konstrukcji (dla średnio zaawansowanego radioamatora). Ograniczono w niej stosowanie elementów pochodzenia zagranicznego do koniecznego minimum, wykorzystując maksymalnie krajowe elementy i części typowe. Szczególny nacisk położono na ekonomię rozwiązania i to zarówno pod względem kosztów, jak i ilości użytych elementów oraz pracochłonności. Parametry techniczne układu są zbliżone do odpowiadających technice „Hi-Fi”.

Na całość aparatury składają się następujące części składowe:

- adapter stereofoniczny,
- wzmacniacz dwukanałowy,
- zespół głośników.

### Adapter stereofoniczny

Samodzielne wykonanie stereofonicznej główki adapterowej nie jest możliwe, aczkolwiek wydawać by się mogło, że przy pewnych zdolnościach i zamilowaniu do mechaniki precyzyjnej można by się o to pokusić. Trzeba jednak pamiętać, że płyty stereofoniczne są osiągalne na naszym rynku, przynajmniej do tej pory, jedynie wyjątkowo i to po bardzo wysokich cenach. W tej sytuacji niszczenie ich adapterem własnej konstrukcji byłoby jak najbardziej niewskazane. Również istotna w tym przypadku jest jakość reprodukcji. Zastosowanie główki lub wkładki stereofonicznej pochodzenia zagranicznego również nie powinno być zalecane, bowiem odpowiednie wyważenie zmodyfikowanego ramienia jest praktycznie bardzo trudne. Trzeba pamiętać, że odpowiedni nacisk igły na płytę (5–6 g) ma przy reprodukcji nagrań stereofonicznych zasadnicze znaczenie.

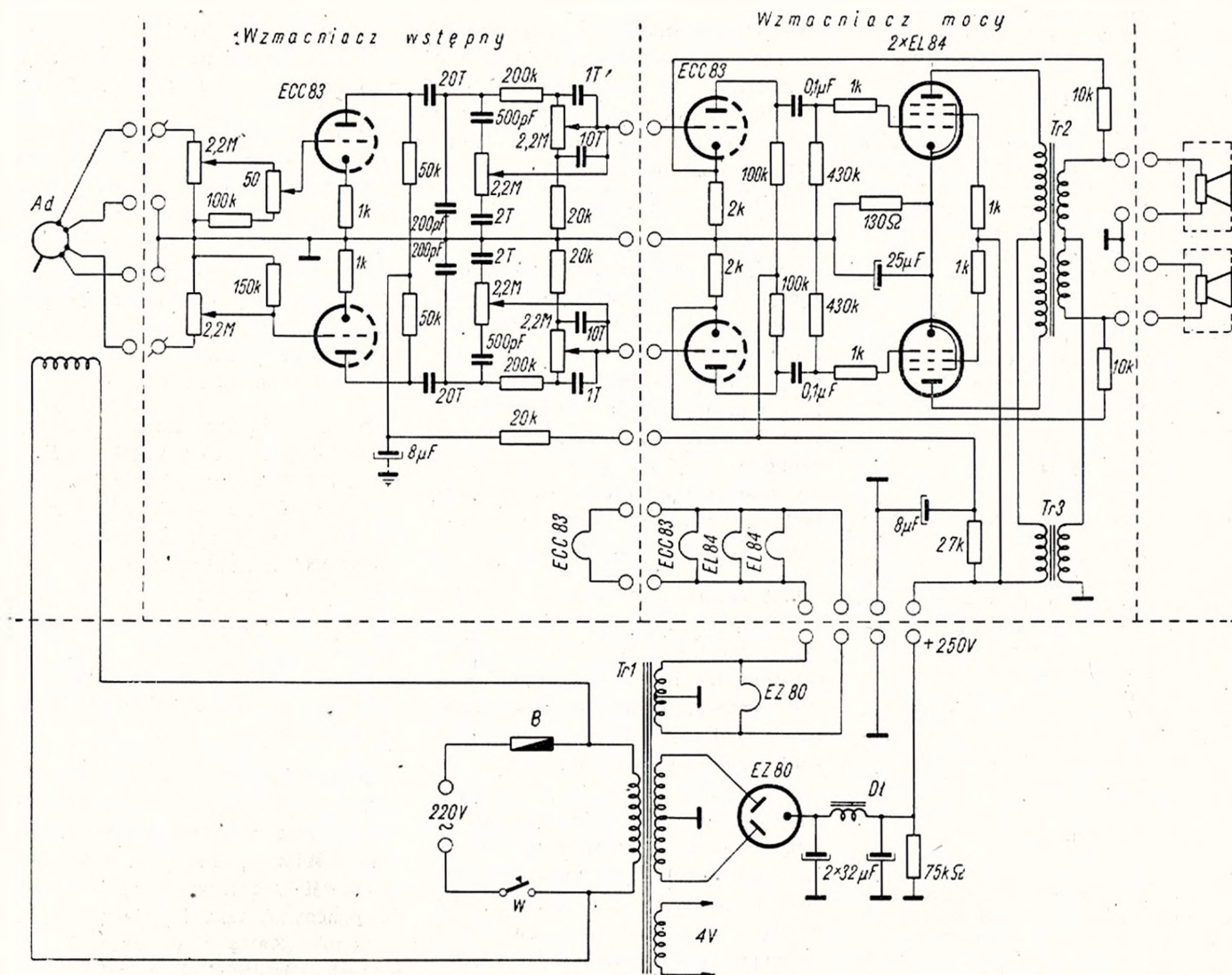
W tym stanie rzeczy pozostaje tylko modyfikacja adapteru krajowego przez zmianę całego ramienia na stereofoniczne, produkcji zagranicznej. Ramię takie posiada z reguły konstrukcję umożliwiającą dokładną regulację nacisku igły.

W modelu zastosowano adapter produkcji krajowej typu GE-56 odpowiednio zmodyfikowany. Przede wszystkim zmieniono amortyzację zawieszenia silnika na bardziej elastyczną oraz wyregulowano (w miarę możliwości) bieg mechanizmu napędzającego. Szczególnych kłopotów przysparzały znaczne luzy, istniejące pomiędzy niektórymi elementami tego mechanizmu. W końcowej fazie pracy nasmarowano właściwe punkty układu wysokogatunkową oliwą.

Odrębnym zagadnieniem jest wymiana ramienia adapteru. W modelu zastosowano uniwersalne ramię adapterowe f-my „Merula” (NRF). Stare ramię odmontowano całkowicie, pozostawiając tylko jego obrotową oś. Na osi tej zamocowano nowe ramię. Jednocześnie zlikwidowano mechanizm automatycznego wyłączenia adaptera na końcu płyty.

Właściwe ustawienie stereofonicznego ramienia adapteru jest zagadnieniem najbardziej istotnym ze względu na jakość odtwarzania. Można tutaj wyróżnić dwa zasadnicze problemy: znalezienie właściwego punktu dla osi nowego ramienia oraz pionowe ustawienie igły w stosunku do płyty. Właściwe ustawienie nowego ramienia jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym: problem ten jest szczegółowo omówiony w książce A. Fogga pt. „Adaptery”. Zamieszczone tam materiały są wyczerpujące i umożliwiają poprawne wykonanie tej pracy w każdym indywidualnym przypadku. Pionowe ustawienie igły w stosunku do płyty może być w warunkach amatorskich sprawdzone — niestety jedynie „na oko”.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Bliższe szczegóły o zapisie stereofonicznym na płytach można znaleźć w miesięczniku „Radioamator” Nr 6 i 9/59 lub w książce J. Rózyckiego pt. „Urządzenia Hi-Fi”.



Rys. 1. Ideowy schemat zestawu stereofonicznego

### Wzmacniacz dwukanałowy

Wzmacniacz taki może być wykonany w różnych wariantach, poczynawszy od najprostszego układu z dwiema lampami typu ECL 82. Jednakże stosowanie dwóch identycznych wzmacniaczy niesymetrycznych, aczkolwiek najprostsze, nie jest najlepszym rozwiązaniem problemu. Wiadomo, że wzmacniacz w układzie przeciwsobnym posiada wiele zalet szczególnie cennych w odniesieniu do wymagań Hi-Fi. Dlatego w opracowaniach profesjonalnych bardzo często spotykane są zestawy dwóch bogato rozbudowanych wzmacniaczy z symetrycznymi stopniami końcowymi. Rozwiązanie takie cechuje wysoka jakość, okupiona znacznym kosztem wielolampowej aparatury. Takie rozwiązanie jest jednak nie do przyjęcia tam, gdzie ekonomika i prostota układu ma istotne znaczenie. Dlatego też dwukanałowy wzmacniacz aparatury modelowej został wykonany w specjalnym, ekonomicznym układzie. Jest to wysokiej jakości wzmacniacz przeciwsobny o mocy wyjściowej około 10 W, w którym

dokonano niewielkich zmian układu w celu uzyskania niezależnego wzmocnienia obu kanałów stereofonicznych. Wzmacniacz ten odznacza się wszystkimi zaletami układu przeciwsobnego przy zredukowanej do koniecznego minimum ilości lamp i elementów.

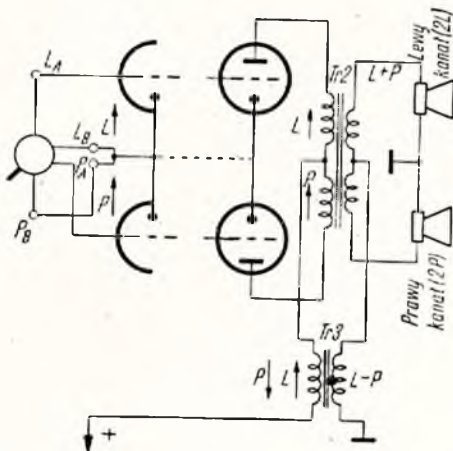
Schemat ideowy wzmacniacza dwukanałowego oraz całego zestawu przedstawiony jest na rysunku 1. Dokładniejszego omówienia wymaga zasada działania tego układu.

Rysunek 2 przedstawia uproszczony schemat wzmacniacza. Jak widać, jest to wzmacniacz dwukanałowy, pracujący w ostatnim stopniu w układzie przeciwsobnym na szeregowo połączone głośniki. Przy biegunowości sygnałów wejściowych L (lewy) i P (prawy) takiej, jak pokazano na rysunku, w obwodzie wtórnym transformatora Tr2 działa suma sygnałów L + P.

Transformator Tr3 włączony jest swoim uzwojeniem pierwotnym w przewód zasilający obie anody lamp końcowych, wskutek czego działa on na różnicę sygnałów czyli L—P. Wtórne uzwojenie transformatora Tr3



pracuje na oba głośniki połączone równolegle. W rezultacie przy odpowiednio dobranej przekładni transformatora  $Tr3$  przez głośnik górny przepływa prąd od-



Rys. 2. Uproszczony schemat ideowy wzmacniacza

powiadający sumie obu sygnałów wyjściowych transformatorów  $Tr2$  i  $Tr3$ , czyli

$$(L + P) + (L - P) = 2L$$

natomiast przez dolny głośnik przepływa prąd odpowiadający różnicy obu sygnałów, czyli:

$$(L + P) - (L - P) = 2P$$

Jak widać, każdy z głośników otrzymuje tylko jeden z sygnałów wejściowych  $L$  i  $P$ .

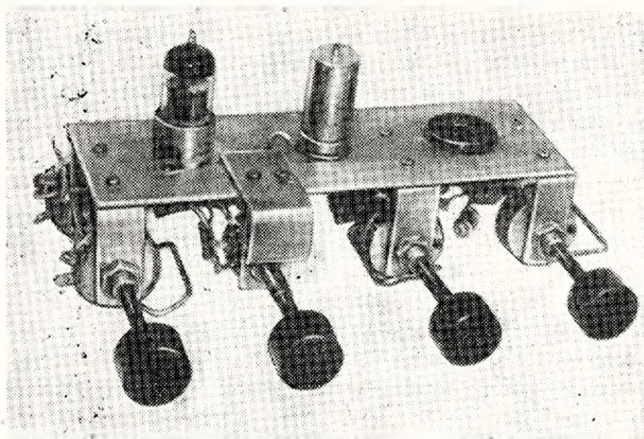
Zaletą takiego układu jest to, że sygnał  $L + P$ , który mieści w sobie największą część energii, zasila głośniki w układzie przeciwsobnym za pomocą transformatora  $Tr2$ , natomiast sygnał różnicowy o mniejszej energii, zawierający przeważnie tony wysokie, zasila głośniki poprzez transformator  $Tr3$ , który z tego powodu może być mniejszy od transformatora  $Tr2$  i pracować ze składową stałą prądu anodowego lamp końcowych.

### Konstrukcja wzmacniacza dwukanałowego

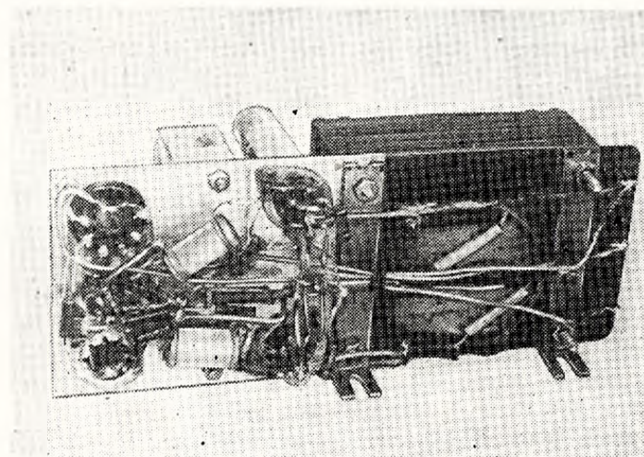
Wzmacniacz został wykonany w trzech podzespółach przedstawionych na rysunkach 3÷7, co bardzo upraszcza konstrukcję. W ten sposób nie tylko zmniejszono do minimum prace mechaniczne przy budowie wzmacniacza, lecz również uniknięto kłopotów ze zdobyciem odpowiednio dużych ilości blachy.

Konstrukcję podwójnych potencjometrów przedstawiono na rysunku 8. Jak widać, zostały one sprzężone mechanicznie w bardzo prosty sposób.

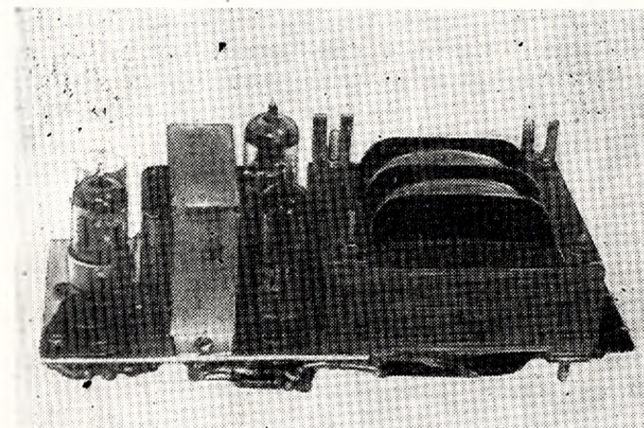
Dodatkowo należy omówić działanie podwójnego regulatora siły głosu: element ten posiada zasadnicze



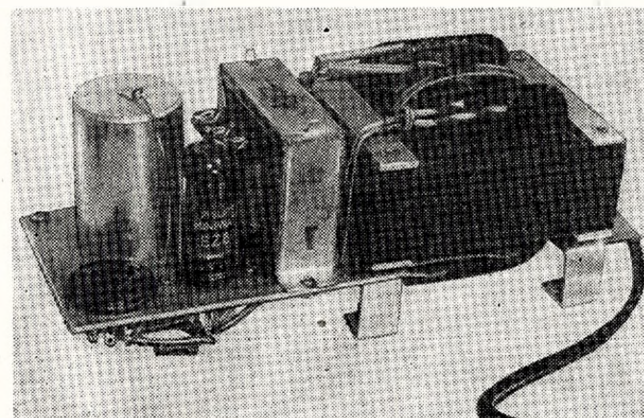
Rys. 4. Wzmacniacz wstępny (wierzch)



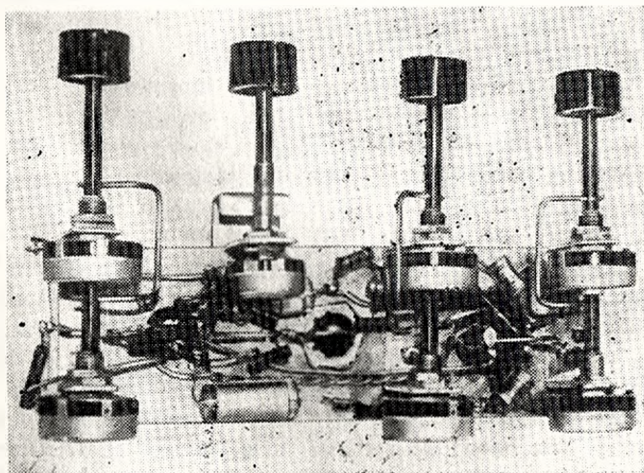
Rys. 5. Wzmacniacz końcowy (spód)



Rys. 6. Wzmacniacz końcowy (wierzch)



Rys. 7. Zasilacz sieciowy



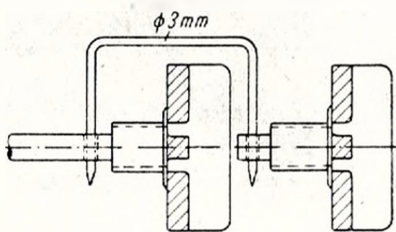
Rys. 3. Wzmacniacz wstępny (spód)



znaczenie dla właściwej pracy układu. W aparaturze fabrycznej stosowane są oczywiście potencjometry o charakterystyce wykładniczej, przy czym warunki współbieżności obu regulatorów są dość ostre (2 dB). Dobranie takiej pary potencjometrów logarytmicznych jest w naszych warunkach praktycznie niemożliwe ze względu na bardzo duży rozrzut parametrów poszczególnych egzemplarzy (do 50%). W aparaturze modelowej zastosowano dwa potencjometry liniowe 2,2 M $\Omega$  zmodyfikowane przez załączenie opornika 150 k $\Omega$  pomiędzy suwak i ziemię. W jednym z kanałów, w miejsce wspomnianego opornika 150 k $\Omega$ , zastosowano szeregowe połączenie opornika 100 k $\Omega$  i potencjometru 50 k $\Omega$ , uzyskując w ten prosty sposób możliwość balansowania całego układu (tzn. wyrównania wzmocnienia obu kanałów). Oczywiście ten dodatkowy człon regulujący wzmocnienie (w niewielkim zakresie) powinien być umieszczony w kanale o większym wzmocnieniu ogólnym.

Zmontowany jako oddzielny podzespół wzmacniacz wstępny (rys. 3 i 4) zawiera wszystkie organy regulacyjne (siła głosu, balans, regulacja barwy tonów niskich i wysokich). W stopniu tym pracuje podwójna trioda ECC83, przy czym oporniki katodowe tych lamp nie są zablokowane pojemnościami w celu poprawienia jakości pracy układu.

Drugi podzespół (rys. 5 i 6) zawiera stopień napędzający (lampa ECC83) oraz stopień wyjściowy z dwiema lampami EL84. Układ ten jest raczej konwencjonalny i nie wymaga bliższego omówienia. Należy tylko podkreślić, że całość jest objęta silnym sprzężeniem zwrotnym. Jest to w danym układzie jeden z niewielu możliwych wariantów sprzężenia zwrotnego, trzeba bowiem pamiętać, że pobieranie napięcia w tym celu z innego miejsca układu (np. z anod stopnia mocy) jest niemożliwe. Nie wolno również w układzie wzmacniacza dwukanałowego tego typu stosować układu tzw. „ultralinear” (zasilanie siatek ekranujących z odczepów na transformatorze wyjściowym), bowiem w uzwojeniach transformatora sygnały obu kanałów są ze sobą zmieszane.



Rys. 8. Konstrukcja sprzężonych potencjometrów

#### Dane transformatorów wyjściowych

Transformator przeciwsobny Tr2 wykonano w najprostszym układzie sekcjonowanych uzwojeń, przedstawionym na rys. 9. Uzwojenie pierwotne składa się z 4 sekcji po 650 zwojów drutu w emalii, o średnicy 0,16 mm; uzwojenie wtórne: dwie sekcje po 60 zwojów drutu 0,55 mm.

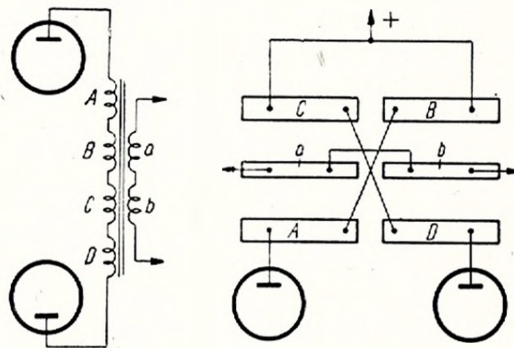
Rdzeń transformatora sieciowego typu „Aga” o przekroju około 10 cm<sup>2</sup>. Fabryczny korpus uzupełniono symetryczną przegrodą z tektury. Rdzeń złożony bez szczeliny.

Transformator niesymetryczny Tr3 nawinięto na rdzeniu o przekroju około 5 cm<sup>2</sup>. Uzwojenie pierwotne wykonano z drutu 0,22 mm w ilości 2200 zwojów,

wtórne — 90 zwojów z drutu 0,55 mm. Uzwojenie wtórne jest wykonane ze stosunkowo cienkiego drutu ponieważ moc przenoszona przez ten transformator jest niewielka.

Rdzeń transformatora złożono ze szczeliną powietrzną, dobraną eksperymentalnie w taki sposób, aby indukcyjność uzwojenia pierwotnego tego transformatora była równa indukcyjności połowy uzwojenia pierwotnego transformatora symetrycznego. Dokładność tej pracy powinna być duża, ponieważ decyduje ona o właściwym rozdzielaniu kanałów. Jednak jakakolwiek przesada w tym kierunku nie jest wskazana, ponieważ ewentualne drobne niewyważenie układu jest likwidowane przez zastosowane głębokie sprzężenie zwrotne.

Zasilacz (rys. 7) jest jak najbardziej konwencjonalny: zastosowano w nim typowy transformator sieciowy od odbiornika STOLICA.



Rys. 9. Sekcjonowanie uzwojeń transformatora wyjściowego symetrycznego Tr2

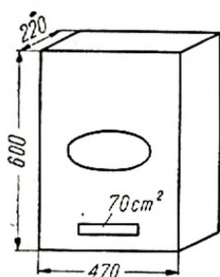
#### Zespół głośników

Przy projektowaniu zespołu głośników dla zestawu stereofonicznego również decydowały przede wszystkim względy ekonomiczne. Wydawać by się mogło, że najbardziej oszczędny jest układ złożony z jednego głośnika niskotonowego, wspólnego dla obu kanałów oraz dwóch odpowiednio rozstawionych głośników średnio-wysokotonowych. Rozwiązanie takie jest może nieco tańsze od dwóch niezależnych zestawów odtwarzających pełne pasmo akustyczne, jednakże zespół taki nie może mieć żadnego innego praktycznego zastosowania. Aparaturę modelową wyposażono przeto w dwa identyczne układy odtwarzające pasmo częstotliwości w zakresie 50÷12000 Hz. Uzyskano w ten sposób dwa pełnowartościowe, niezależne głośniki, które mogą być wykorzystywane w razie potrzeby również do innych celów.

W aparaturze zastosowano dwa głośniki typu GD 26-15,5/3. Głośniki te normalnie odtwarzają zakres częstotliwości od około 60÷70 Hz do 9÷10 kHz. Zakres ten poszerzono w dół przez zastosowanie obudowy korygującej typu „Bas-reflex” oraz w górę przez niewielką modyfikację konstrukcji membrany.

Zasada działania obudowy typu „Bas-reflex” oraz sposób jej wykonania zostały wyczerpująco omówione w nrze 12/60. Wymiary skrzynki podane są na rys. 10, a wygląd zewnętrzny na rys. 11. Należy zaznaczyć, że obydwie zakupione głośniki typu GD 26-15,5/3 posiadały częstotliwość rezonansu własnego niezgodną z danymi katalogowymi, a mianowicie 73 Hz i 90 Hz. Dlatego trzeba było dokonać modyfikacji zawieszenia





Rys. 10 Wymiary obudowy głośnikowej

membran w celu obniżenia ich częstotliwości rezonansowej do około 70 Hz.

Poszerzenie pasma w zakresie wysokich tonów uzyskano przez uzupełnienie membrany głośnika małym, lekkim stożkiem. Stożki wycięto z lekkiego twardego kartonu nasyczonego klejem uniwersalnym. Tym samym klejem połączono stożek „na styk” z membraną.

Odtwarzanie wysokich tonów za pomocą tak zmodyfikowanego głośnika nie zostało zbadane jakimkolwiek pomiarem, jednakże stwierdzono, że po modyfikacji głośnik dobrze odtwarza charakterystyczny szum płyty, niesłyszalny za pomocą nie przerobionego głośnika. Świadczy to o rozszerzeniu pasma do około 12 kHz.

Obudowy korygujące wyposażono w małe, skośne nóżki, widoczne na zdjęciu (rys. 11). Przód obudowy pokryto barwnym, bardzo cienkim kretonem, zaś boki obłożono plastikową imitacją czarnego zamszu. Wolnostojące obudowy głośnikowe są połączone ze wzmacniaczem, zmontowanym we wspólnej obudowie z adapterem za pomocą czarnego sznura oświetleniowego o długości 4 metrów.

### Uruchomienie zestawu

Aparatura jest w zasadzie prosta i nie wymaga specjalnych zabiegów przy jej uruchomieniu. Należy jedynie zwrócić uwagę na:

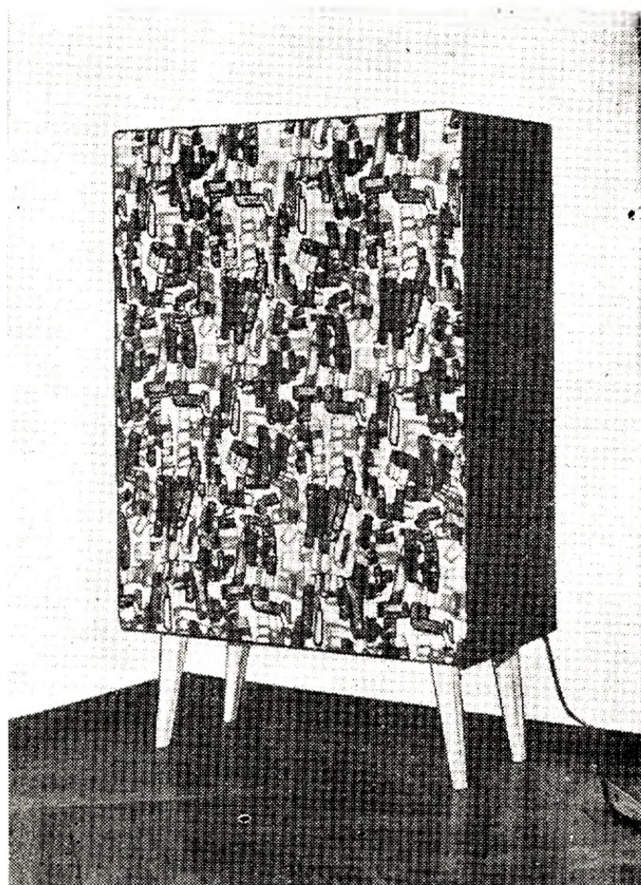
**A** odwrócenie fazy jednego z kanałów w główce adapterowej.

Pomiędzy wieloma typami stereofonicznych ramion adapterowych znaczną część stanowią ramiona wyposażone we wkładki z wyprowadzonymi czterema końcówkami. W tym przypadku zmiana fazy jednego (dowolnego) kanału nie nastręcza żadnych trudności tym bardziej, że przewody biegnące wewnątrz ramienia są przeważnie do tych końców łączone za pomocą małych gniazdek wtykowych o średnicy około 1 mm. Istnieją jednak również główki adapterowe, z których wprowadzone są tylko trzy przewody: lewy kanał, prawy kanał i wspólna ziemia (np. Philips, typ AG 3063, AG 3304 itd.). W tym przypadku odwrócenie fazy jednego z kanałów należy wykonać wewnątrz główki — przy użyciu kolby. Oczywiście podczas tej czynności, nawet przeprowadzonej bardzo delikatnie, zawsze istnieje groźba uszkodzenia precyzyjnej konstrukcji przetwornika.

**b** Montaż transformatorów wyjściowych.

Istnieją tutaj trudności związane z samowzbudzeniem się układu przy niewłaściwym podłączeniu końcówek obu transformatorów (symetrycznego i niesymetrycznego). Najprościej jest tę część pracy wykonać w następującej kolejności:

1. Podłączyć transformator symetryczny (prowizorycznie) oraz obydwa obwody sprzężenia zwrotnego. Jeśli układ się wzbudzi, należy odwrócić końcówki uzwojenia wtórnego.



Rys. 11. Wygląd zewnętrzny obudowy głośnika

2. Podłączyć transformator niesymetryczny; wówczas najprawdopodobniej układ wzbudzi się ponownie. Należy wtedy zmienić miejscami końcówki uzwojenia wtórnego, a jeśli to nie pomoże, należy odwrócić końce uzwojenia pierwotnego tego transformatora oraz ewentualnie ponownie wtórnego.

3. Jeśli układ wzbudza się niezależnie od sposobu podłączenia transformatora niesymetrycznego, wówczas należy zamienić miejscami wszystkie końcówki (uzwojenia pierwotnego i wtórnego) transformatora symetrycznego. Znalezienie właściwego sposobu podłączenia dla transformatora niesymetrycznego nie powinno już wówczas nastręczać trudności.

**C** Oporniki w obu gałęziach sprzężenia zwrotnego dobieramy eksperymentalnie w taki sposób, aby przy doprowadzeniu do wejścia układu prawie pełnego sygnału z adaptera (2/3 zakresu regulacji siły głosu) uzyskać mniej więcej pełną moc aparatury. Pozostawienie pewnego „zapasu regulacji” jest tutaj konieczne z uwagi na bardzo różnorodne poziomy nagrań. W układzie modelowym wartość oporników w gałęziach sprzężenia zwrotnego wynosi 10 kΩ).

**d** Fazowanie głośników.

Głośniki powinny być podłączone do wyjścia dwukanałowego wzmacniacza z taką biegunowością, aby pod wpływem sygnału  $L+P$  pracowały synfazowo. Odwrócenie fazy jednego głośnika objawia się brakiem niskich tonów przy odtwarzaniu płyty monofonicznej.

**e** Wybalansowanie układu.

<sup>5</sup> Ogólne wzmocnienie układu jest dostosowane do współpracy ze stereofonicznymi adapterami krystalicznymi, których napięcie wyjściowe jest rzędu 0,5 V. Spotykane znacznie rzadziej adaptery magnetyczne dają napięcie około 10-krotnie mniejsze i wymagają dodatkowego stopnia wzmocnienia wstępnego.

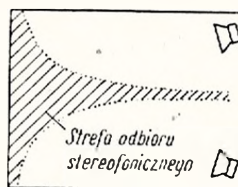


Dla przeprowadzenia tego zabiegu najwygodniej jest w powyższym układzie odtwarzać dowolną płytę monofoniczną (normalne nagranie drobnorowkowe). Słuchając reprodukcji z odległości około 4 metrów (na geometrycznej osi symetrii układu), powinno się mieć wrażenie, że istnieje jedno pozorne źródło dźwięku położone dokładnie w środku pomiędzy głośnikami. Układ balansujemy za pomocą pojedynczego potencjometru 50 k $\Omega$  w przedwzmacniaczu. Jeśli zakres regulacji jest nieodpowiedni, można próbować odwrócić podłączenie adaptera lub zamienić podłączenie głośników. Jako ostateczność pozostaje jeszcze wymiana opornika w gałęzi sprzężenia zwrotnego odpowiedniego kanału. W każdym jednak przypadku przesunięcie pozornego dźwięku w kierunku jednego z głośników świadczy, że właśnie ten kanał ma zbyt silne wzmocnienie.

Ostateczną regulację należy wykonać w ten sposób, aby akustyczna symetria układu wypadła mniej więcej na środku zakresu regulacji potencjometru 50 k $\Omega$ . Należy podkreślić, że właściwe wybalansowanie układu wyrównuje nie tylko elektryczne parametry obu kanałów wzmacniacza, lecz również eliminuje ewentualne różnice sprawności obu głośników oraz zawsze istniejącą niejednorodność właściwości akustycznych pomieszczenia.

#### Uzyskane wyniki

Wyniki uzyskane za pomocą tak nieskomplikowanej i taniej aparatury można uznać za jak najbardziej zadowalające. Wykonany zestaw nie był badany na drodze jakichkolwiek pomiarów, przede wszystkim z braku przyrządów. Jedynie przy konstruowaniu obudów korygujących dla głośników posługiwano się prowizorycznie zmontowanym generatorem akustycznym (typu RC, na lampach UCH81, UL41) na zakres



Rys. 12. Przestrzeń w pomieszczeniu, w której występuje efekt stereofoniczny

40÷400 Hz. Tym niemniej parametry techniczne zestawu wydają się zbliżone do wymagań „Hi-Fi” przy czym stwierdzić trzeba, że jakością reprodukcji znacznie przewyższa on nawet najlepsze aparatury monofoniczne. Oczywiście jest to w pierwszym rzędzie zasługa samej techniki stereofonicznej której szczególne zalety, jak pełna naturalność brzmienia, perspektywa i plastyczność transmisji są dla prawdziwych melomanów nieomal szokujące, przynajmniej przy pierwszym zetknięciu się z tą techniką.

Należy podkreślić, że pełny efekt stereofoniczny może być uzyskany jedynie w pewnych częściach pomieszczenia, jak to przykładowo przedstawiono na rys. 12. Bardzo duże zalety również od właściwości akustycznych samego pomieszczenia, w którym pracuje aparatura.

Na zakończenie należy dodać, że omówiony zestaw stereofoniczny bez jakichkolwiek zmian może służyć również do odgrywania normalnych płyt mikrorowkowych. Dwukanałowy wzmacniacz pracuje wówczas jako wysokiej klasy układ przeciwsoobny. Jakość takiej reprodukcji jest bardzo dobra, a to dzięki równoległej pracy dwóch szerokopasmowych głośników oraz dobrym parametrom wkładki adapterowej.<sup>3)</sup>

<sup>3)</sup> Odtwarzanie zwykłych płyt drobnorowkowych za pomocą adapteru stereofonicznego jest normalnie praktykowane; natomiast trzeba pamiętać, że absolutnie niedopuszczalne jest odtwarzanie płyty stereofonicznej przy użyciu zwykłego adaptera — pod groźbą bardzo szybkiego zniszczenia płyty.