

Wzmacniacz stereofoniczny o mocy 2×150 W

Opis dotyczy wzmacniacza m.cz. o mocy 2×150 W, zaprojektowanego i wykonanego przez autora w oparciu o dostępne w kraju elementy i podzespoły oraz wypróbowanego w warunkach domowych. Wzmacniacz charakteryzuje względnie prosty układ, nie wymagający złożonej regulacji podczas uruchomienia. Duża moc wyjściowa i dobre parametry umożliwiają wykorzystanie go w domowych zestawach elektroakustycznych wysokiej klasy.

DANE TECHNICZNE

Moc znamionowa:	2×150 W
Moc muzyczna:	około 2×230 W
Impedancja obciążenia:	4 Ω
Współczynnik zawartości harmonicznych przy częstotliwości 1 kHz i mocy 150 W	0,5%
Odstęp sygnału użytecznego od szumów (ważony) w odniesieniu do mocy znamionowej:	78 dB
Pasma przenoszenia (-3 dB):	5 Hz... 60 kHz
Znamionowe napięcie wyjściowe	190 mV/385 mV/775 mV
Impedancja wejściowa:	około 47 kΩ

WZMACNIACZ MOCY

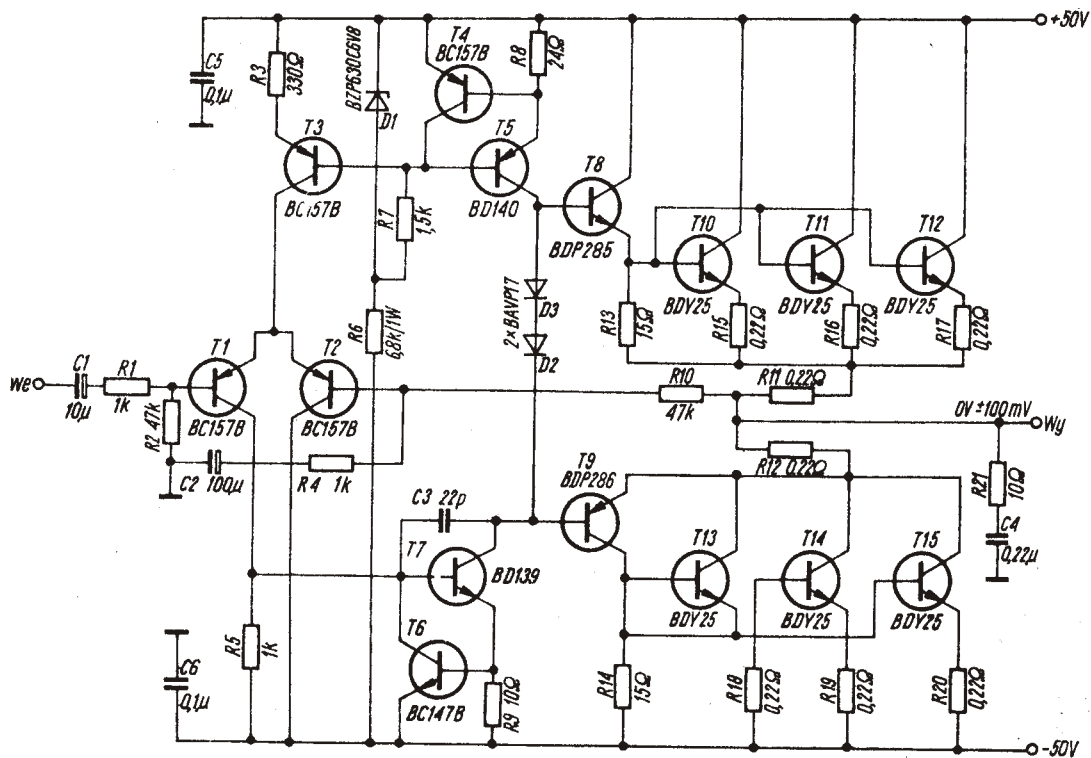
Schemat jednego kanału wzmacniacza mocy przedstawiono na rys. 1. Stopień wejściowy tworzą tranzystory T1 i T2 w układzie wzmacniacza różnicowego, zasilanego przez źródło prądowe z tranzystorem T3. Wzmocnienie napięciowe zapewnia tranzystor T7 z obciążeniem w postaci źródła prądowego

złożonego z tranzystorów T4 i T5. Tranzystor T6 ogranicza maksymalny prąd płynący w obwodzie kolektora tranzystora T7. Dioda Zenera D1, współdziałająca z układami źródeł prądowych, zmniejsza wpływ tętnienia napięcia zasilającego na pracę wzmacniacza.

Z uwagi na konieczność zapewnienia niezbędnej stabilności termicznej, co przy tak dużej mocy wyjściowej jest bardzo istotne, ograniczono wartość prądu spoczynkowego tranzystorów mocy do minimum. Mały poziom zniekształceń skrośnych uzyskano dzięki zastosowaniu źródła prądowego zamiast układu typu bootstrap oraz dzięki dobrze dobranej, wstępnej polaryzacji pary tranzystorów T7 i T9 napięciem występującym na diodach D2 i D3 (około 1,5 V).

W stopniu mocy pracuje sześć tranzystorów dużej mocy (po trzy tranzystory połączone równolegle) z rezystorami wyrównawczymi R15...R20. Odporność tranzystorów mocy na przebiecie zwiększono dodatkowo przez zastosowanie rezystorów emiter-baza (R13 i R14) o małych wartościach. Elementy C3...C6 i R21 zapobiegają wzbudzeniu się wzmacniacza w zakresie w.cz.

Z uwagi na prawidłową pracę układu przy dużych częstotliwościach pożądaną jest, aby rezystory R11, R12 i R15...R20 miały jak najmniejszą indukcyjność pasozytniczą. Ważne jest to również dla uzyskania możliwie dużej szybkości narastania sygnału na wyjściu wzmacniacza i związanej z tym małej zawartości zniekształceń TIM i innych



Rys. 1. Schemat wzmacniacza mocy 150 W

PRZEDWZMACNIACZ

Schemat jednego kanału przedwzmacniacza przedstawiono na rys. 2. W celu uproszczenia konstrukcji przedwzmacniacz został wykonany przy użyciu scalonych wzmacniaczy operacyjnych US1 i US2. Wstępne wzmocnienie jest uzyskiwane w układzie scalonym US1. Wartość znamionowego napięcia wejściowego może być zmieniana przelącznikiem PR1 w zakresie 190...775 mV w celu dostosowania czułości do napięć wyjściowych różnych źródeł sygnału.

W rozwiązaniu modelowym nie przewidziano zastosowania korektora charakterystyki częstotliwościowej do adaptera magnetoelektrycznego, ponieważ został on umieszczony bezpośrednio we wnętrzu gramofonu.

Układ regulacji tonów niskich i wysokich umieszczono w obwodzie ujemnego sprzężenia zwrotnego układu US2. Przewidziano możliwość pominięcia tego stopnia (przelącznik PR3) i pobierania sygnału bezpośrednio z wyjścia układu US1. Sygnał przechodzi przez przelącznik mono-stereo (PR4), bierne filtry 12 dB/okt. włączone przelącznikami PR5 i PR6, regulator balansu (P3) i regulator napięcia wyjściowego przedwzmacniacza (P4). Układ złożony z elementów R35, R36, C22, C23 jest filtrem dolnoprzepustowym o częstotliwości granicznej około 8 kHz. Układ złożony z rezystora R37 i kondensatorów C24, C25 jest filtrem górnoprzepustowym i eliminuje zakłócenia od napędu gramofonu, leżące poniżej 70 Hz. Elementy R38, R39, C26, C27 stanowią wraz z potencjometrem P4, układ tzw. fizjologicznej regulacji głośności. Potencjometry P3 i P3' w drugim kanale, połączone przeciwbieżnie, są wykorzystane do równoważenia kanałów.

W całym przedwzmacniaczu użyto czterech monolitycznych

wzmacniaczy operacyjnych SN52709AL. Zamiast nich można użyć podobnych układów scalonych innych firm, bądź produkowanych w kraju układów ULY7741N, licząc się wówczas z obniżeniem górnej granicy pasma przepustowego wzmacniacza. W przypadku zastosowania wzmacniaczy ULY7741N zbędne są elementy R26, R40, C8, C10, C15 i C16.

ZASILACZ

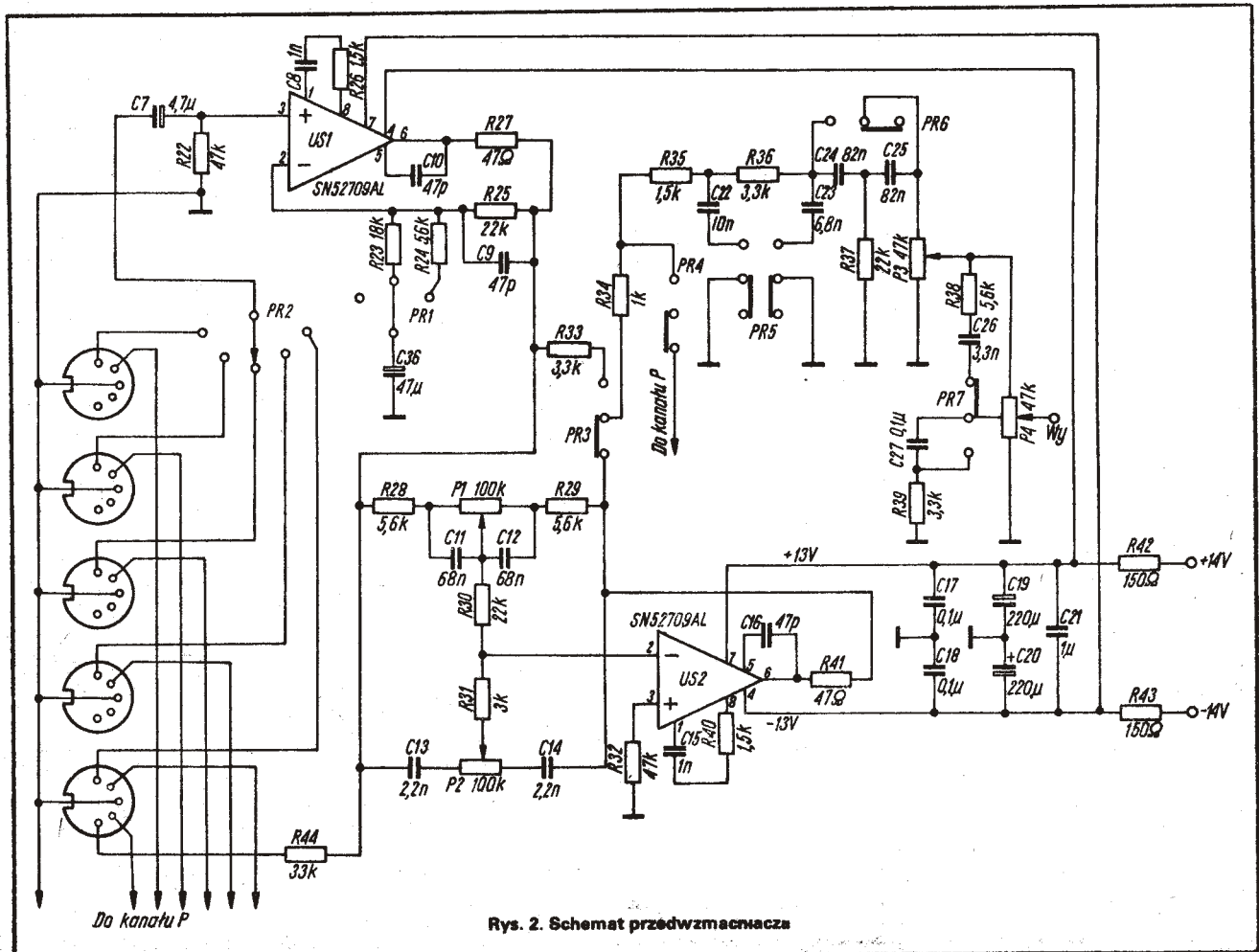
W zasilaczu, którego schemat przedstawiono na rys. 3, użyto dwóch transformatorów o mocy 180 W każdy, posiadających uzwojenia wtórne:

- 3-4 36 V (bez obciążenia) o obciążalności do 5 A,
- 5-6 7 V (bez obciążenia) o obciążalności do 0,3 A.

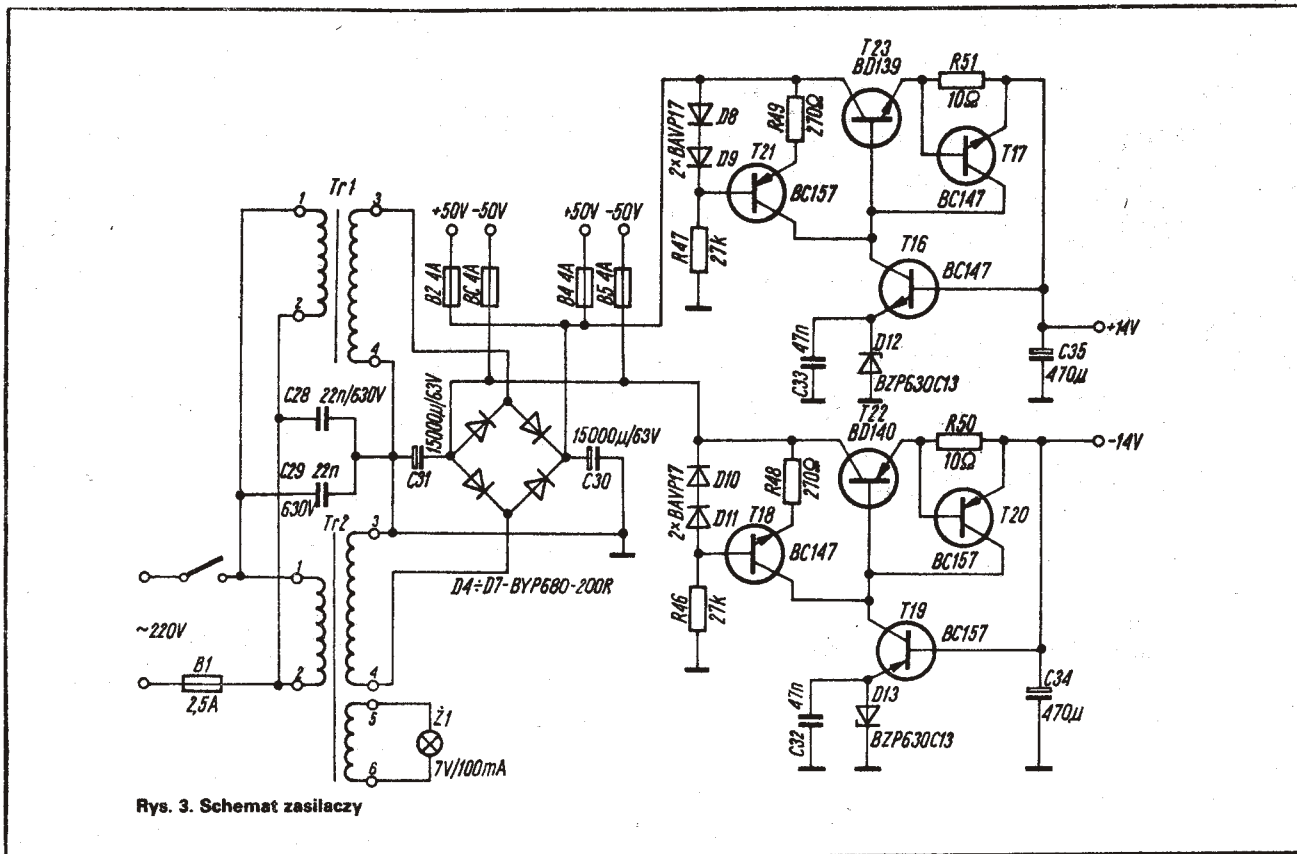
Napięcia zasilające wzmacniacze mocy są pobierane z układu diod D4...D7 i kondensatorów C30 i C31. W przypadku braku pojedynczych kondensatorów o wymaganej pojemności można użyć baterii złożonej z kilku mniejszych kondensatorów połączonych równolegle. Napięcia zasilające przedwzmacniacz otrzymuje się ze stabilizatorów z zabezpieczeniem przeciwzwarciowym, wykonanym z elementów D8...D13, T16...T23, R46...R51 oraz C32...C35.

OPIS KONSTRUKCJI

Wszystkie człony wzmacniacza należy wykonać na osobnych płytkach, zaprojektowanych samodzielnie, dostosowanych do posiadanych elementów. Rozmiary płytek montażowych zastosowanych w opisywanym wzmacniaczu są następujące: płytka przedwzmacniacza (1 kanał) 50×80 mm, płytka wzmacniacza mocy 70×95 mm, płytka zasilaczy stabilizowanych 50×70 mm.



Rys. 2. Schemat przedwzmacniacza



Rys. 3. Schemat zasilaczy

Tranzystory mocy T10...T12 i T13...T15 oraz T10'...T12' i T13'...T15' w drugim kanale zamontowano na czterech osobnych radiatorach (profil P8 wg opisu w nrze 7-8/79 „Re”) o długości 110 mm każdy, bez podkładek, przy użyciu smaru silikonowego. Do tych samych radiatorów, na podkładkach mikowych, przymocowano tranzystory T5, T7, T8, T9 i takie same w drugim kanale. Podyktowane to zostało brakiem miejsca na osobne radiatory dla każdego z tych tranzystorów. Z uwagi na mniej krytyczne warunki pracy i niewielką moc strat wydzielaną w wymienionych tranzystorach w porównaniu z tranzystorami mocy, rozwiązanie takie jest wystarczające dla prawidłowej pracy wzmacniacza.

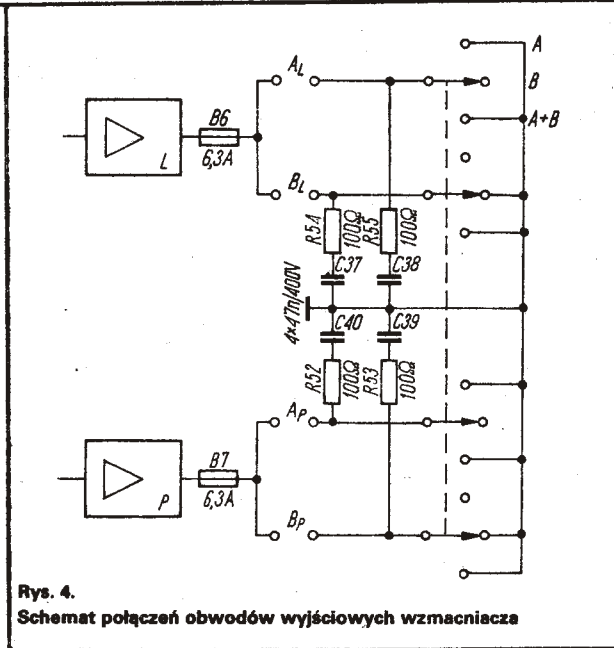
Radiatory połączono, izolując je od siebie tulejkami dystansowymi, razem z płytkami montażowymi wzmacniacza mocy, tworząc dwa oddzielne bloki wzmacniające.

Rezystory R11, R12 oraz R15...R20 nawinięto bifilarnie manganinowym drutem oporowym o średnicy 0,9 mm. Obwody wyjściowe, tranzystorów mocy i zasilania oraz doprowadzenia mas wykonano przewodem miedzianym o przekroju 1,5 mm². Jako masę główną wzmacniacza wykorzystano płytę o dość dużych rozmiarach, pokrytą folią miedzianą, do której zostały przymocowane kondensatory elektrolityczne zasilacza.

Układ połączeń obwodów wyjściowych, umożliwiający przyłączenie dwóch lub czterech zespołów głośnikowych, przedstawiono na rys. 4.

Zastosowanie zacisków śrubowych, zamiast standardowych gniazd głośnikowych, zapewnia małą rezystancję zestyków i zwiększa niezawodność urządzenia.

We wzmacniaczu wykorzystano płytę czołową i wszystkie elementy manipulacyjne od wzmacniacza typu WS503 produkcji zakładów Unitra-Fonica. Obudowę wykonano ze sklejk 11 mm i wyklejono od wewnątrz folią aluminiową, połączoną z masą układu. W celu zapewnienia odpowiedniej wentylacji obudowy, w dolnej i górnej ścianie, wywiercono po 80 otworów o średnicy 15 mm. Rozmiary całej konstrukcji wynoszą 440×300×135 mm.

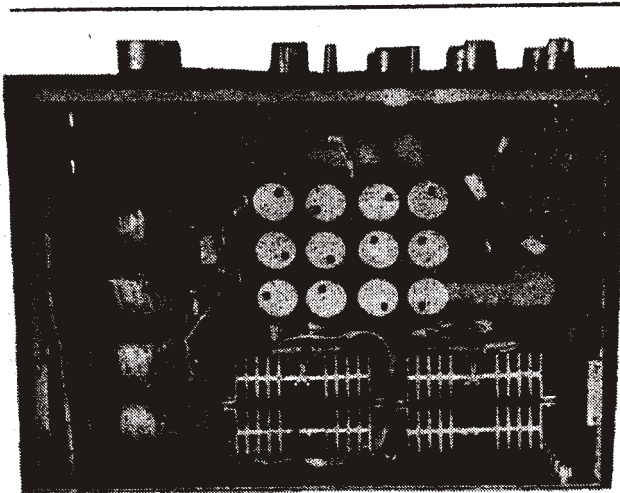


Rys. 4. Schemat połączeń obwodów wyjściowych wzmacniacza

URUCHOMIENIE

Do uruchomienia wzmacniacza potrzebne są: amperomierz prądu stałego o zakresie do 6 A, miernik uniwersalny, generator m.c., miliwoltomierz napięcia przemiennego oraz ewentualnie oscyloskop. W przypadku braku dostępu do wymienionych przyrządów, można zadowolić się ostatecznie samym miernikiem uniwersalnym, lecz uniemożliwi to sprawdzenie wielu parametrów wzmacniacza.

W pierwszej kolejności należy uruchomić zasilacz. Napięcia układu mierzone bez obciążenia nie powinny zbytnio odbiegać od wartości podanych na schemacie (dopuszczalna odchyłka +5...10%). Napięcia zasilające wzmacniacz końcowy nie powinny, przy obciążeniu prądem 5,5 A, spadać poniżej 38 V.



Rys. 5. Widok modelu wzmacniacza od strony montażu

Zmierzyć można również wartości prądów zwarciovych stabilizatorów, których natężenie powinno wynosić około 70 mA. Wzmacniacze mocy uruchamia się osobno w każdym kanale, włączając w szereg z zasilaniem rezystor zabezpieczający 47 Ω o mocy około 20 W (np. typu RA). Sprowadza się to do pomiaru potencjału na wyjściu wzmacniacza i natężenia prądu pobieranego przez układ (40...50 mA). W przypadku wystąpienia dużych różnic należy sprawdzić wartości napięć na diodach D2 i D3 oraz na rezystorze R8 (0,6...0,7 V). Przyczyną nadmiernego poboru prądu może być także wzbudzenie się układu, które można usunąć przez zwiększenie wartości kondensatora C3 albo z bocznikowanie rezystora R2 lub R10 kondensatorem o pojemności ok. 100 pF.

Następnie należy odłączyć rezystor zabezpieczający, do wejścia wzmacniacza dołączyć generator m.cz., wyjście obciążyć rezystorem 4 Ω o mocy min. 150 W (zastosowano tu 30 rezystorów RDCO 120 Ω /5 W połączonych równolegle) i stopniowo, kontrolując temperaturę radiatorów, wysterować wzmacniacz sygnałem 1 kHz do napięcia wyjściowego 24,5 V, odpowiadającego mocy 150 W. Natężenie prądu pobieranego z zasilacza powinno wynosić około 2,8 A. Następnie należy obniżyć napięcie wyjściowe do 7,5 V i sprawdzić działanie układu w zakresie 5 Hz...100 kHz. Pobór prądu w tych warunkach nie powinien przekraczać 1 A.

Uruchomienie przedwzmacniacza nie nastęrcza większych trudności, jeżeli został on starannie zmontowany z całkowicie sprawnych elementów. W przypadku wzbudzenia się układu należy sprawdzić przede wszystkim połączenia mas i przewodów ekranowanych. W celu uniknięcia przesłuchów między kanałami nie należy prowadzić „gorących” przewodów obu kanałów we wspólnym ekranie.

Po zmontowaniu całego wzmacniacza w obudowie można przystąpić do pomiarów charakterystyk częstotliwościowych urządzenia. Różnice między kanałami nie powinny przekraczać 1 dB przy wyłączonych i 3 dB przy włączonych układach filtrów i regulacji tonów. Zależy to jednak w dużym stopniu od doboru jednakowych wartości elementów RC w obydwu kanałach. Następnie należy przy nominalnym obciążeniu wysterować wzmacniacz sygnałem o częstotliwości 1 kHz (w dwóch kanałach jednocześnie) do mocy znamionowej i po upływie 10 minut sprawdzić temperaturę radiatorów. We wzmacniaczu modelowym osiągnęła ona 80°C przy temperaturze otoczenia około 20°C.

U w a g a. Wzmacniacz powinien być ustawiony w miejscu zapewniającym swobodny przepływ powietrza przez otwory wentylacyjne w obudowie.

W urządzeniu nie zastosowano zabezpieczenia termicznego i przeciwzwarciovego stopnia mocy. W warunkach domowych nie ma to jednak istotnego znaczenia, gdyż instalacja głośnikowa jest podłączana z reguły na stałe, rzadko zdarza się również wykorzystywanie przez dłuższy czas pełnej mocy wzmacniacza.

Widok wnętrza zmontowanego urządzenia przedstawiono na fotografii (rys. 5).

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH ELEMENTÓW

Tranzystory

T1...T4, T19...T21 – BC157B (BC177B)

T5, T22 – BD140 (BDP286)

T6, T16...T18 – BC147B (BC107B)

T7, T23 – BD139 (BDP285)

T8/T9 – BDP285/BDP286 (para komplement.)

T10...T15 – BDY25 (można w zastępstwie użyć wyselekcjonowanych tranzystorów typu 2N3055 o napięciu $U_{CE0} \geq 100$ V)

Układy scalone

US1, US2 – SN52709AL (μ A709, SFC2709 lub ew. ULY7741N)

Potencjometry

P1, P2 – 2x100 k Ω „A”

P3 – 2x47 k Ω „M/N”

P4 – 2x47 k Ω „B” z odczepem

Transformatory sieciowe

Tr1, Tr2 – przekrój rdzenia ok. 16 cm²

Uzwojenia:

1–2 (220 V) 1000 zw. \varnothing 0,7 mm

3–4 (36 V) 180 zw. \varnothing 1,7 mm

5–6 (7 V) 35 zw. \varnothing 0,4 mm

LITERATURA

1. Feszczuk M.: Wzmacniacze elektroakustyczne. WKŁ 1982
2. Feszczuk M.: Radiatory. „Radioelektronik” nr 7–8/1979
3. Szpakowski Z.: Układy scalone w zastosowaniach. WKŁ 1977
4. Witort A., Girulski R.: Hi-Fi – Wysoka jakość odtwarzania dźwięku. WKŁ 1975