



Niedzielnny odpoczynek w ciepłe, letnie popołudnie możemy uprzyjemnić i uatrakcyjnić przygotowując podwieczorek złożony z opiekanych warzyw, owoców i wędlin na własnoręcznie zrobionym ogrodowym ruszcie. Jak taki ruszt zbudować piszemy na str. 67

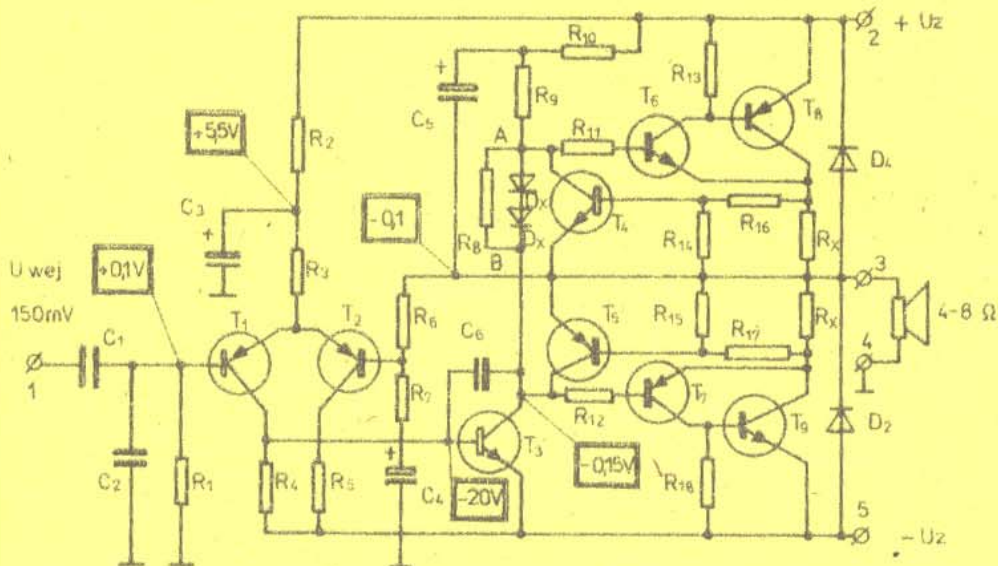
AKUSTYCZNY WZMACNIACZ DUŻEJ MOCY

Część I


Jednym z najbardziej popularnych tematów, który stale budzi zainteresowanie czytelników, jest elektroakustyka. Szczególnie opisy budowy akustycznych wzmacniaczy, pojawiające się okresowo w „Młodym Techniku”, wywołują zapal do pracy u wielu elektroników amatorów. Zamieszczałyśmy opisy wykonania różnych typów tych urządzeń, poczynając od prostych układów lampowych, a kończąc na złożonych układach półprzewodnikowych. Jak wynika z korespondencji napływającej do redakcji, największe „zapotrzebowanie” jest na wzmacniacze o dużej mocy wyjściowej, co najmniej 30-100 W, często stereofoniczne. Wielkość mocy wyjściowej

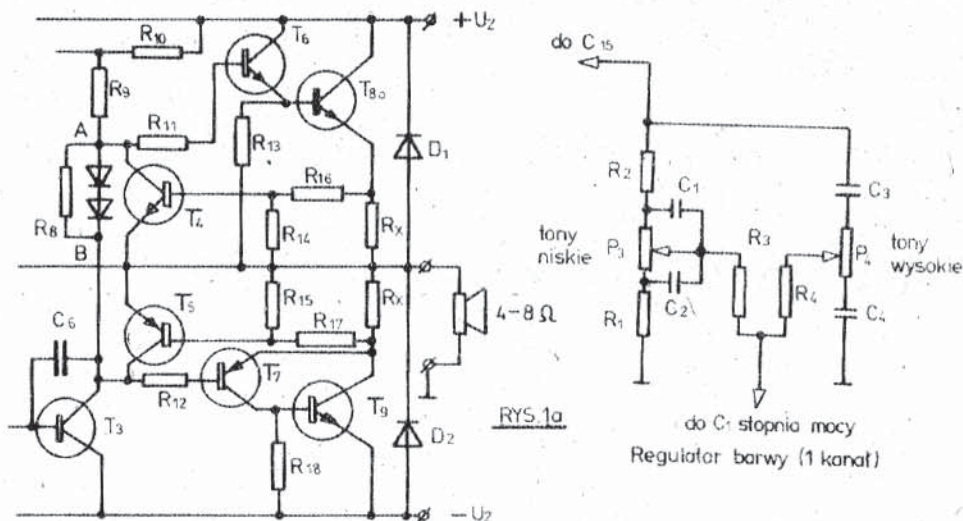
jest najczęściej czynnikiem decydującym o wyborze układu przez amatorów mocnego uderzenia.

Drugi czynnik brany pod uwagę przez amatorów elektroników przy budowie wzmacniaczy to stopień skomplikowania układu i możliwość zdobycia potrzebnych elementów. Są to dość ważne argumenty, które w dużym stopniu decydują o powodzeniu całego przedsięwzięcia. Rzadko natomiast brane są pod uwagę własne umiejętności, które umożliwiłyby samodzielną budowę urządzeń elektronicznych o znacznym stopniu skomplikowania. Często zdarza się, że początkujący amator elektronik podejmuje decyzję o budowie wzmacniacza o mocy 100 W



RYS.1

 - napięcia względem masy przy $U_{z} \pm 20V$ (bez sygnału)

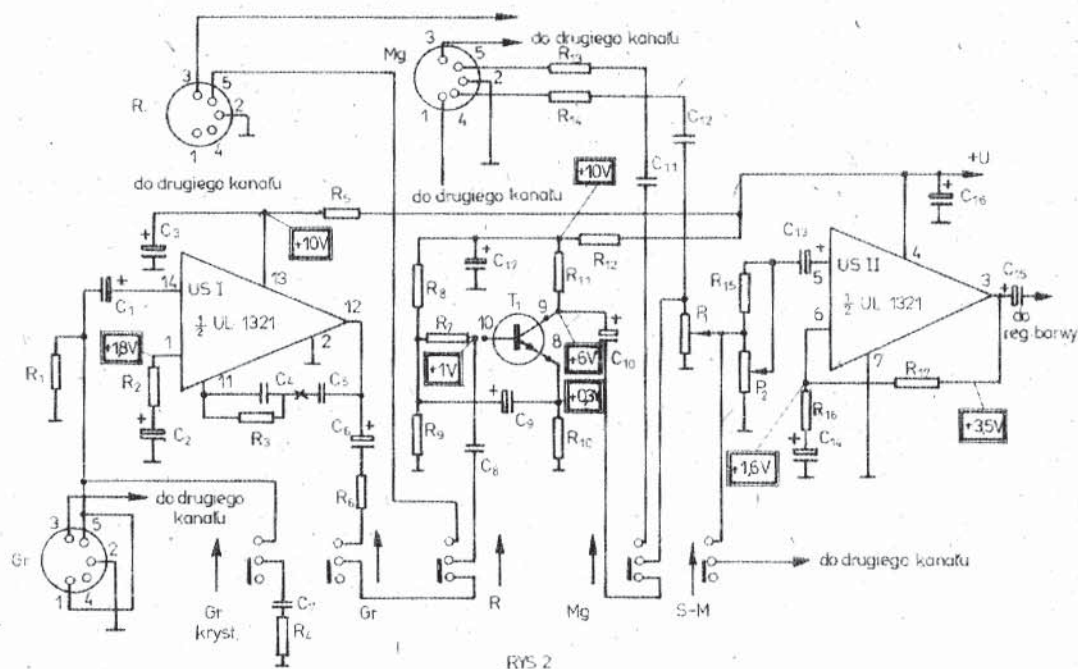


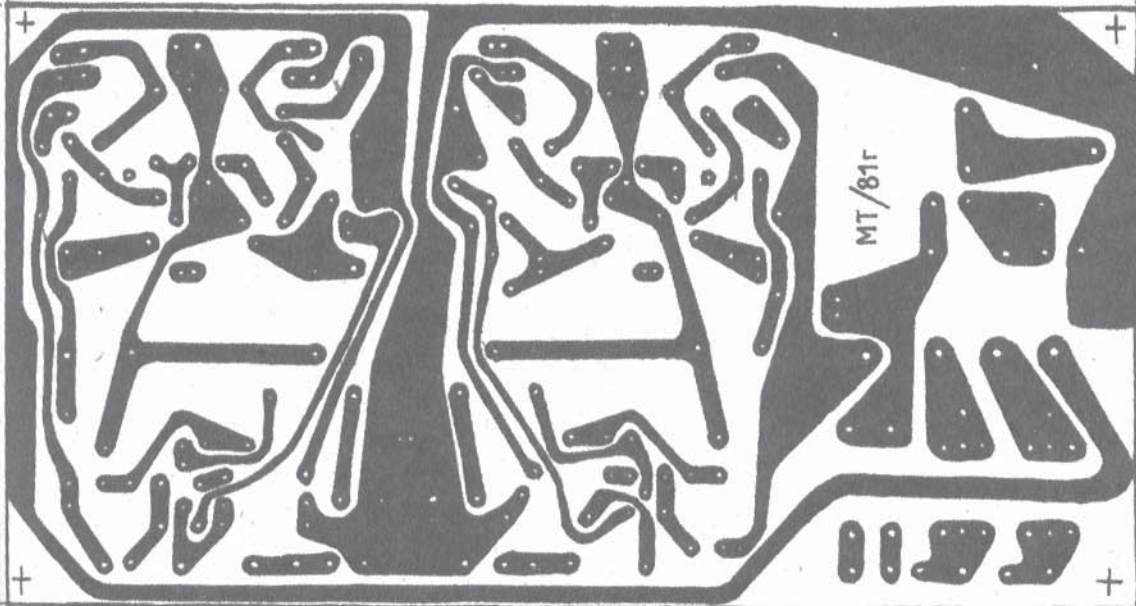
mając skromne umiejętności praktyczne, co często prowadzi do niepowodzeń i zniechęcenia. Przedstawione tu wywoły mają na celu właściwą ocenę swoich sił przed podjęciem decyzji o budowie opisanego dalej akustycznego wzmacniacza wysokiej klasy.

Układ wzmacniacza nie jest zbyt skomplikowany, jest łatwy w uruchomieniu, jednak uzyskanie dobrego efektu jest możliwe wtedy, gdy posiada się

dotateczny zasób doświadczeń w budowie urządzeń elektronicznych i pracach montażowo-konstrukcyjnych.

Na rys. 1 i 2 przedstawiony jest układ wzmacniacza o bardzo dobrych właściwościach elektroakustycznych, którego wykonanie, przy dostatecznych umiejętnościach praktycznych, jest możliwe w warunkach domowego warsztatu.





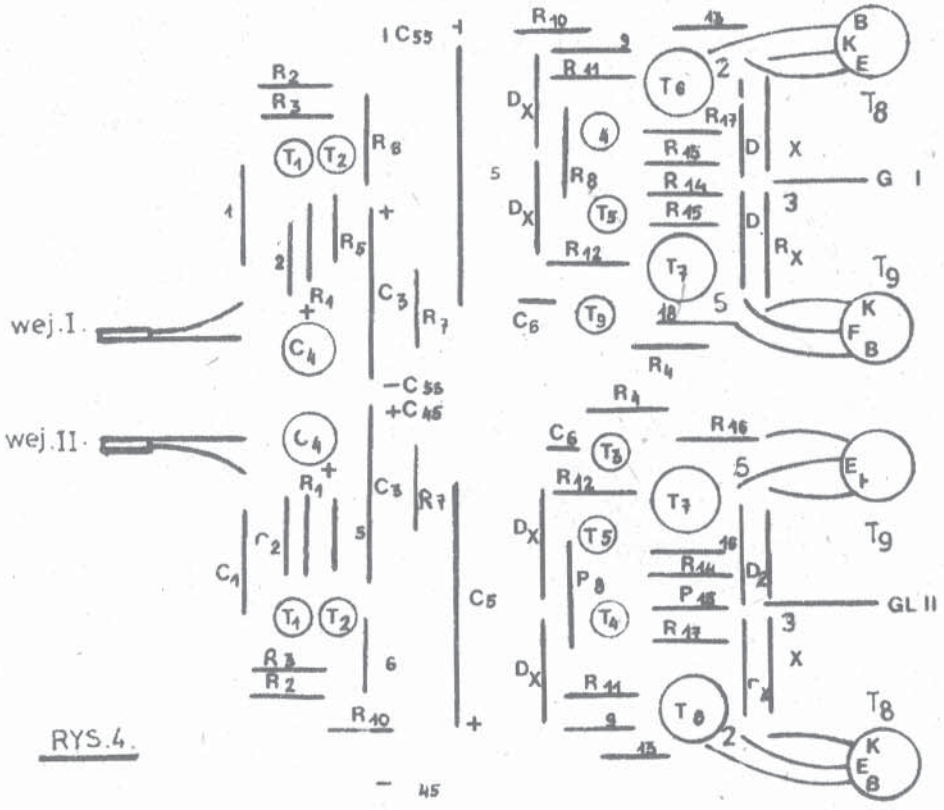
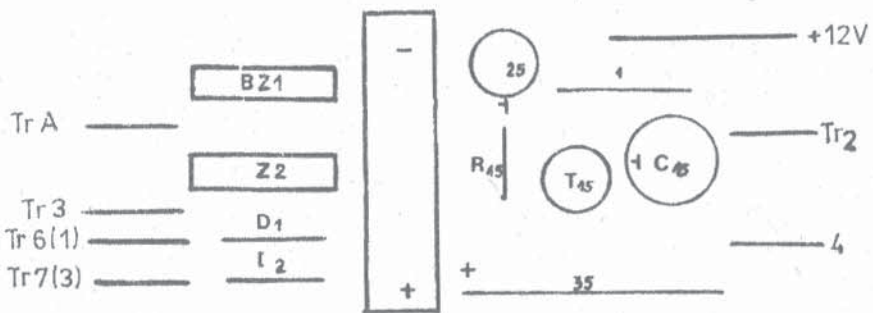
RYS.3



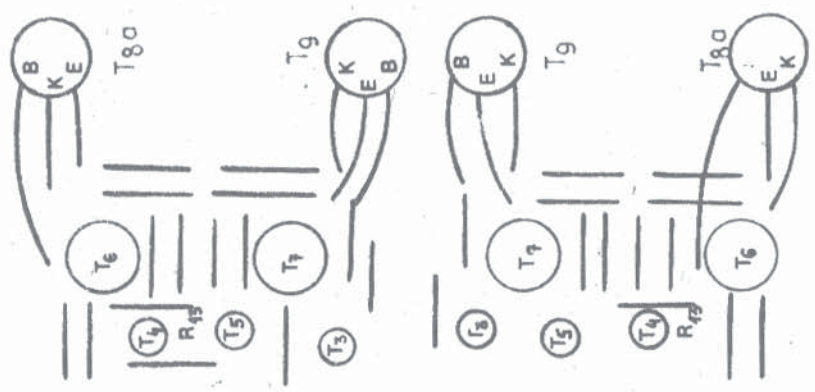
RYS.3a

Trudno jest zaprojektować wzmacniacz, który zadowolonych wszystkich zainteresowanych. Niemniej jednak udało się skonstruować dość uniwersalny układ, który spełni oczekiwania nawet najwybredniejszych amatorów elektroników. Wzmacniacz może być wykonany w wersji monofonicznej lub stereofonicznej, a jego moc wyjściowa może wynosić od 10 do około 100 W, przy obciążeniu 4 omy, zależnie od napięcia zasilania i układu połączeń (patrz tabelka). Liniowe pasmo akustyczne wzmacnianie przez wzmacniacz zawiera się w granicach od około 20 Hz do około 50 000 Hz (wejście magnetofonowe), a zniekształcenia, przy pełnej mocy wyjściowej nie przekraczają 1%, co zgodnie z normami DIN pozwala go zakwalifikować do tzw. klasy Hi-Fi. Poza tym wzmacniacz przystosowany jest do współpracy z wszystkimi rodzajami źródeł sygnału

akustycznego, tzn. ma wejścia dla radioodbiornika, magnetofonu, gramofonu z magnetyczną wkładką, gramofonu z ceramiczną wkładką oraz dla mikrofonu. Układ wzmacniacza rozmieszczony jest na dwóch płytkach montażowych ze ścieżkami przewodzącymi. Jedna płytka mieści stopień mocy (bez tranzystorów mocy) i zasilacz (bez transformatora), na drugiej płytce umieszczone są przedwzmacniacze (rys. 3 do 6). Małe wymiary płytek montażowych umożliwiły wykonanie małej obudowy, w której można umieścić wszystkie elementy stereofonicznego wzmacniacza o mocy 10–18 W (sinus) w każdym kanale. Umieszczenie całego układu w małej skrzynce wymaga dość starannego i dokładnego montażu, stąd też takie rozwiązanie polecamy jedynie bardzo zaawansowanym amatorom elektronikom. Skrzynka modelowego wzmacniacza została



RYS. 4.

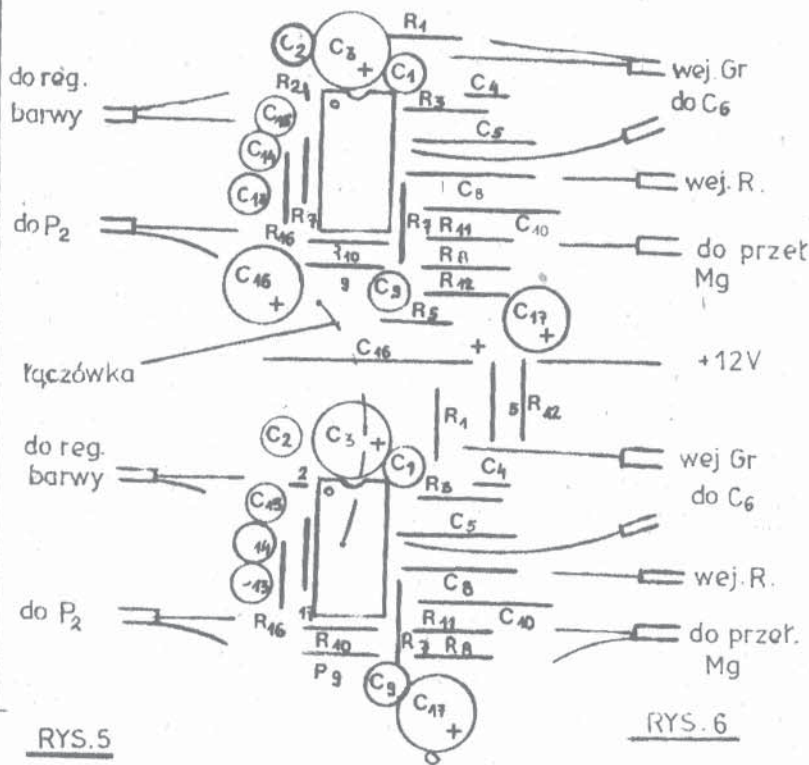


RYS. 4a



50

RYS. 5

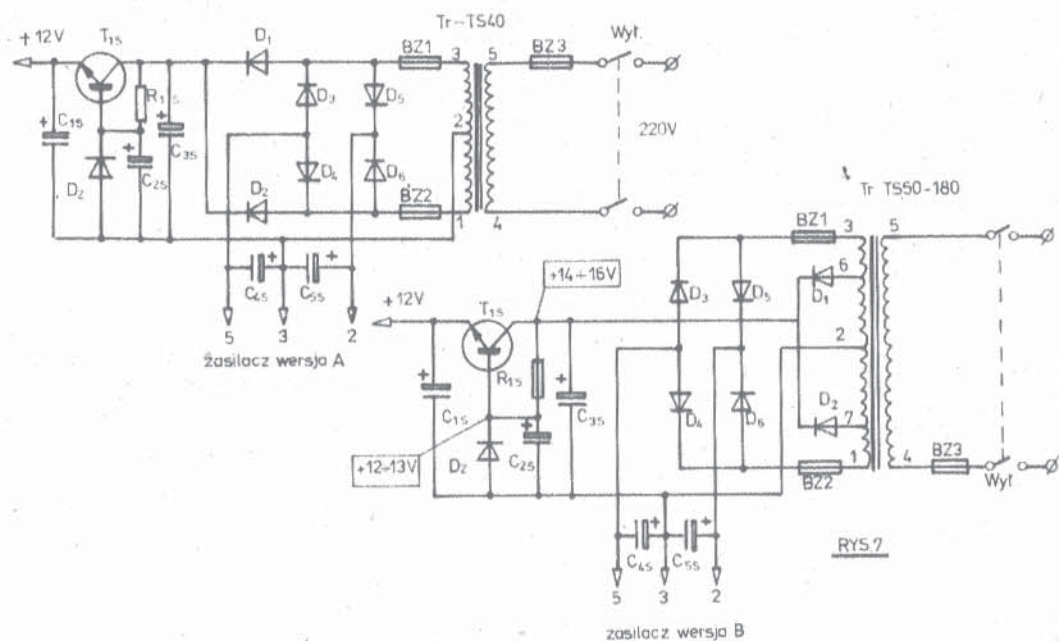


RYS. 6

wykonana z duralowych kształtowników i kawałków tekstolitu, połączonych razem blachowkrętami. Dokładny opis wykonania takiej skrzynki został zamieszczony w artykule pt. „Obudowy urządzeń elektronicznych” (MT 2/1981 r.). Dodatkowym warunkiem wykonania takiej obudowy jest posiadanie płaskiego transformatora o mocy 40–50 VA, np. typu TS 40/49, lub od odbiornika lampowego Kankan, który jednakże trzeba przewinać. Ponieważ bardzo często zdobycie gotowego transformatora odpowiedniego do budowanego urządzenia elektronicznego stanowi problem nie do rozwiązania dla wielu majsterkowiczów, chcemy temu zagadnieniu poświęcić nieco uwagi. W tabelce zostały podane wartości mocy i napięć, jakie powinien mieć transformator do zasilania wzmacniacza do różnych mocy wyjściowych. Najłatwiej zdobyć transformator do wzmacniacza w wersji stereofonicznej o mocy 10–18 W na kanał. Do tego celu wystarczy przezwoić transformator od dowolnego starego odbiornika lampowego, np. Aga, Bolero, Światowid itd. Każdy transformator sieciowy polskiej produkcji ma symbol literowy TS, np. TS 40. Pierwsza liczba występująca po oznaczeniu TS to wartość mocy, jaką można pobierać z transformatora – w naszym przykładzie 40 VA. Znając moc transformatora łatwo

określić liczbę zwojów przypadającą na 1 V, przy czym uzwojenie sieciowe mamy już gotowe (jeśli transformator nie był spalony). Pozostaje jedynie usunąć ze szpuli uzwojenie żarzenia i uzwojenie anodowe, a na to miejsce nawinąć odpowiednią liczbę zwojów drutu, zgodnie z tabelką. Podobnie należy postępować z transformatorami sieciowymi o większej mocy, które można wymontować, np. ze starych radzieckich odbiorników telewizyjnych.

Więcej kłopotu może sprawić zdobycie transformatora do wzmacniacza o mocy wyjściowej 2x50 W lub 1x100 W. Trudno liczyć na zdobycie gotowego transformatora, np. od wzmacniacza ELTRON 100. Problem transformatora o odpowiedniej mocy można rozwiązać też w inny sposób, np. przez zastosowanie dwóch takich samych transformatorów o mocy dwukrotnie mniejszej. Przy takim rozwiązaniu upraszcza się nieco układ uzwojeń, bowiem jeden transformator tworzy połowę układu zasilającego. Gotowy transformator (transformatory) z jednym lub dwoma uzwojeniami symetrycznymi musi mieć wyprowadzenia dające napięcia wg tabelki z tolerancją $\pm 5-10\%$. W tej samej tabelce zostały podane niektóre typy transformatorów produkcji UNITRA-ZATRA, których można użyć bez przeróbek do budowy wzmacniacza. Dokładne in-



formacje o transformatorach sieciowych i sposobie ich wykonania można znaleźć w MT 6/80.

Jak już było wspomniane, układ elektroniczny wzmacniacza dla wszystkich wariantów mieści się na dwóch płytkach montażowych ze ścieżkami przewodzącymi. Czytelnicy, którzy chcą zbudować wzmacniacz w wersji monofonicznej, nie będą zapełniali elementami tej części płytek, która przeznaczona jest dla drugiego kanału.

Można również wykonać tylko część całego układu wzmacniacza, np. stopień mocy, przystosowując go do współpracy z innymi przedwzmacniaczami.

Montaż układu elektronicznego należy poprzedzić skompletowaniem wszystkich elementów składowych, ze względu na małe wymiary płytek montażowych, elementy powinny mieć możliwie małe wymiary, np. rezystory o mocy 0,125 W, kondensatory o pojemności 100–300 pF, 47 nF i 0,1 μ F–0,22 μ F na napięcie 100–200 V. Oddzielne zagadnienie stanowią tranzystory. Przy zasilaniu wzmacniacza napięciem do 25 V można zasadniczo stosować wszystkie wymienione w spisie tranzystory. Jednak przed zamontowaniem ich na płytce montażowej należy wstępnie porównać ich współczynniki wzmocnienia. Względny pomiar współczynnika β tranzystorów małej mocy można wykonać za pomocą uniwersalnego miernika i płaskiej baterii. Miernik ustawiony na pomiar prądu łączymy z baterią i badanym tranzystorem wg rys. 8. Zakres pomiaru ustawiamy tak, aby przy pierwszym badanym tranzystorze wskazówka miernika wychylała się co najmniej do połowy skali. Te tranzystory, które powodują wychylenie wskazówki miernika

o tę samą liczbę działek, można przyjąć, że mają ten sam współczynnik wzmocnienia. Przy dużych różnicach wskazań należy wybrać te tranzystory, które wykazują między sobą najmniejsze rozbieżności. Podobnie postępujemy z tranzystorami mocy, jednakże wówczas w układzie pomiarowym zwieramy rezystor 100–150 omów, a rezystor 20–30 k Ω zastępujemy rezystorem 1–3 k Ω (miernik przelączamy na pomiar większych wartości prądu). Tranzystory p-n-p i n-p-n mierzymy tak samo, zmieniając jedynie polaryzację. Szczególnie dokładnie trzeba określić współczynniki wzmocnienia tranzystorów T6, T7 i T8, T9 tak, by stanowiły one parę.

Końcowy stopień wzmacniacza (tranzystory T6, T7, T8 i T9) połączony jest w układzie komplementarnym – para tranzystorów o strukturze n-p-i i p-n-p steruje taki sam układ tranzystorów mocy. Z wielu względów taki układ połączeń jest najbardziej korzystny, jednak mogą wystąpić trudności z zdobyciem komplementarnej pary tranzystorów mocy (T8 i T9). Dla tych majsterkowiczów, którzy nie zdobędą takich tranzystorów, na rys. 1a przedstawiony został wariant układu z dwoma tranzystorami mocy o strukturze n-p-n (KD 502 lub 2N3055), a na rys. 3a i 4a – fragment płytki montażowej z układem ścieżek dla tego wariantu.

Tranzystory mocy muszą być umieszczone na radiatorach odprowadzających nadmiar ciepła, które wydzielają się w nich przy pracy wzmacniacza z maksymalną mocą wyjściową. Wielkość radiatorów zależy od ilości ciepła wydzielanego przez tranzystory końcowe. Przy mocy 10–25 W na kanał

dla jednego tranzystora mocy wystarczy kawałek blachy aluminiowej grubości około 2 mm i o powierzchni około 20–30 cm². Dla większych mocy wyjściowych wzmacniacza radiatory trzeba powiększyć do 100–200 cm² dla jednego tranzystora. W modelowym wzmacniaczu, przy mocy wyjściowej 2x18 W, rolę radiatora pełni element konstrukcyjny skrzynki. Takie rozwiązanie zmusza do izolowania tranzystorów mocy od podłoża za pomocą mikowych podkładek. Radiator przystosowany do obudowy opisanej w MT1/81 przedstawiany jest na rys. 10, a sposób izolowania tranzystorów – na rys. 11. Na rysunku tym oznaczono odpowiednio: 1 – radiator, 2 – mikowa podkładka, 3 – podkładki metalowe, 4 – podkładki izolacyjne, 5 – tulejki izolacyjne i 6 – łączówka.

Przy większej skrzynce można zrezygnować z izolowania tranzystorów mocy, umieszczając każdy z nich na oddzielnym radiatorze. Przy konstrukcji obudowy do wzmacniacza o mocy powyżej 25 W (na kanał), trzeba tak umieścić radiatory, aby wokół nich mogło swobodnie przepływać powietrze zapewniając tym samym dobre chłodzenie.

Stopień mocy ma układ zabezpieczający tranzystory końcowe przed przeciążeniem (tranzystory T4, T5 i rezystory R₁₁, R₁₅, R₁₆ i R₁₇). Ma on szczególne znaczenie przy bardzo dużych mocach wyjściowych, bowiem w przypadku zwarcia wejścia wzmacniacza chroni on kosztowne tranzystory mocy przed zniszczeniem. Przy małych mocach wyjściowych wzmacniacza (poniżej 25 W) układ zabezpieczający można pominąć.

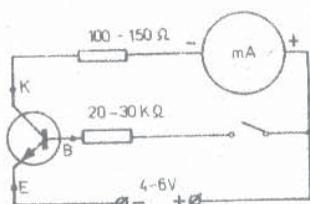
Podobnie można postąpić z diodami D1 i D2, których zadaniem jest zabezpieczenie tranzystorów mocy przed przepięciami, jakie mogą powstać przy współpracy wzmacniacza z kolumnami głośnikowymi posiadającymi rozbudowany układ zwrotnic.

Prace montażowo-konstrukcyjne najlepiej rozpocząć od wykonania płytek montażowych. Ponieważ mało kto z czytelników będzie miał możliwość wykonania ścieżek przewodzących metodą fotograficzną, przed przycięciem płytek na wymagany wymiar dobrze jest najpierw nawiercić niezbędne otwory. Następnie wodoodporną farbą (nitro, wilbra) nanosimy ścieżki połączeń i trawimy nie zakryte fragmenty folii miedzianej. Wytrawione i oczyszczone z farby płytki montażowe dobrze jest pokryć (od strony folii) roztworem kałafonii w spiry图斯ie, co znacznie ułatwia lutowanie.

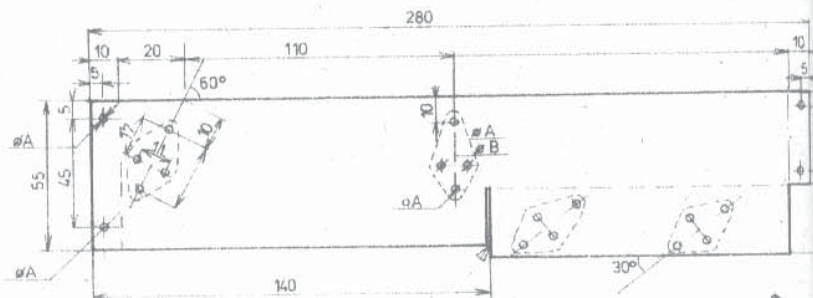
Na rys. 4, 4a i 6 pokazane jest położenie elementów na płytkach. Montaż rozpoczniemy od stopnia mocy. Rezystory R_x są raczej nieosiągalne w handlu i trzeba zrobić je samemu. Do tego celu można wykorzystać rezystor drutowy o mocy 6–8 W i rezystancji 20–50 omów (nie pokryty emalią), z którego odwinieśmy drut oporowy. Teraz, korzystając z mostka pomiarowego trzeba podzielić drut na kawałki o rezystancji 0,4 oma. Następnie drut nawijamy na dowolne rezystory o mocy 0,25–0,5 W (mogą być niesprawne), a jego końce lutujemy do końcówek rezystorów. Po wlutowaniu wszystkich elementów w płytkę montażową można podłączyć do niej tranzystory mocy (umieszczone na radiatorach) i rozpocząć sprawdzenie tej części wzmacniacza. Przed podłączeniem zasilania do płytki wzmacniacza mocy, grubym przewodem (2–2,5 mm²), trzeba przyłączyć kondensatory C₄ i C₅ filtrujące prąd z prostownika, a do wejścia wzmacniacza badanego kanału kawałek ekranowanego przewodu zakończony potencjometrem 100 kiloomów. W modelowym wzmacniaczu, ze względu na małe wymiary obudowy, kondensatory C₄ i C₅ (4700 µF/25 V) zostały przylutowane do płytki od strony folii (kondensatory muszą mieć na sobie folię izola-

Parametry transformatora zasilacza

Moc wyjściowa sinusoidalna przy obciążeniu R ₆ – 4	Napięcie zasilania	Napięcia transformatora sieciowego i jego moc (VA)		Bezpieczniki		Układ zasilacza	Transformatory UNITRA-ZATRA	Uzwojenia wtórne do transformatorów wykonywanych samodzielnie dla kształtek rdzenia E1, CP
				sięciowy	do zasilacza			
2x10W (12W)	± 15 V	2x11V (12V)	30–40	0,2A	0,6A	A	TS 40/49	2x60 zw Ø 0,9 (1,5 A)
2x15W	± 18 V	2x13V odczep po 2x11V	50–60	0,3A	0,8A	B(A)		2x65 zw Ø 0,9 (1,5 A) odczep po 2x50 zw
2x20W	± 23 V	2x16V odczep j.w.	60–70	0,4A	1,0A	B	TS 70/2/676 (brak odczepów 2x11V)	2x75 zw Ø 1,1 (2A) odczep po 2x50 zw
2x25W	± 25 V	2x18V odczep j.w.	80–90	0,5A	1,2A	B	TS 80/8/668 (brak odczepów 2x11V)	2x72 zw Ø 1,2 (2A) odczep po 2x44 zw
2x30W	± 28 V	2x20V odczep j.w.	90–120	0,5A	1,6A	B	TS 90/9 (brak danych)	2x80 zw Ø 1,2 (2,5A) odczep po 2x44 zw
2x40W	± 31 V	2x22V odczep j.w.	140–150	0,6A	2A	B	TS 150 (brak danych)	2x77 zw Ø 1,3 (3A) odczep po 2x38 zw
2x50W	± 34 V	2x2V odczep j.w.	180	0,8A	3A	B	TS 180 (brak danych)	2x72 zw Ø 1,5 (3,5 A) odczep po 2x33



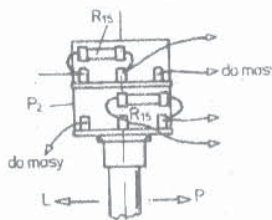
RYS.8



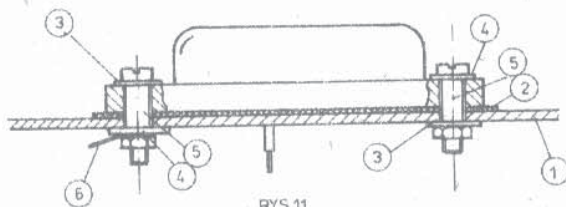
∅A - 12 otworów ∅ 3,5 mm
∅B - 8 otworów ∅ 3,0 mm

nacięć piłką do metali

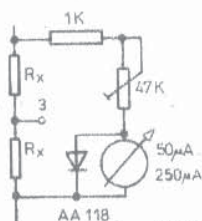
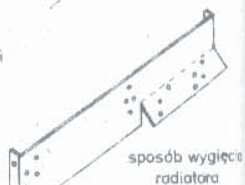
RYS.10



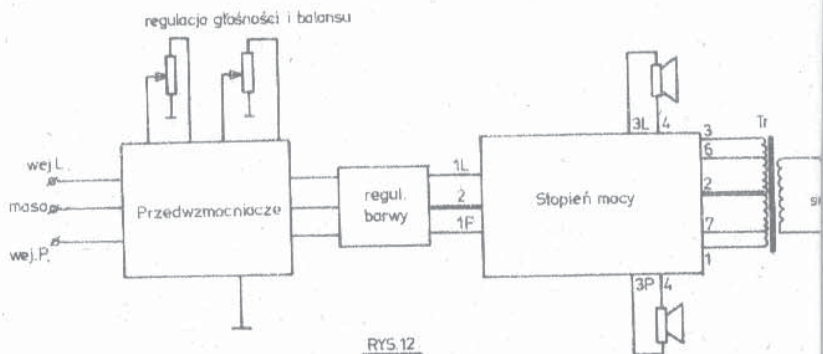
RYS.9



RYS.11



RYS.13



RYS.12

cyjną). Na rys. 4 zostały pokazane punkty ($\pm C_{45}$ $\pm C_{55}$), do których należy przyłączyć kondensatory filtrujące. Transformator z prostownikiem należy połączyć przez zwłoczne bezpieczniki topikowe (na okres prób - 0,8-1,0 A, bez względu na wskazania tabelki). Pominięcie bezpieczników, w przypadku błędnych połączeń, może doprowadzić do uszkodzenia elementów układu. Próby z układem przeznaczonym do pracy z mocą wyjściową powyżej 25 W (napięcie zasilania powyżej ± 20 V-25V) należy przeprowadzić przy obniżonym napięciu zasilania do ± 20 V, bowiem dla tej wartości zostały podane na schemacie kontrolne napięcia.

Jeśli zostały wykonane wszystkie niezbędne prace poprzedzające uruchomienie układu, można

podłączyć głośnik odpowiedni do mocy wyjściowej wzmacniacza i włączyć zasilanie. Poprawnie połączony stopień mocy zasadniczo działa od razu. Jeśli dotknijemy palcem do wolnego końca kondensatora C_{11} , z głośnika usłyszymy silny warkot. Dla całkowitej pewności, że stopień mocy działa poprawnie, do jego wejścia, przez potencjometr 60-100 kiloomów podłączymy magnetofon. Czysty i dynamiczny dźwięk (pomijając jakość nagrania użytego do prób) świadczy o dobrze wykonanej pracy.

Przepalenie bezpieczników lub dym z przypalającego się lakieru któregoś z rezystorów, jest wizualnym efektem błędów w połączeniach. Przy takich objawach pracy wzmacniacza bezzwłocznie należy wyłączyć zasilanie. Po odszukaniu błędów i ewentualnej wymianie uszkodzonych elementów ponawia

my próby. W działającym stopniu mocy należy jeszcze przeprowadzić kilka prób sprawdzających. Najpierw sprawdzimy temperaturę tranzystorów końcowych (T8, T9) i tranzystorów sterujących T3, T6 i T7. Wspomniane tranzystory w pracującym wzmacniaczu (bez wystawiania) po dotknięciu palcem nie powinny wykazywać wyższej temperatury niż temperatura otoczenia. Będzie to oczywiście bardzo przybliżone określenie ciepła wydzielanego przez te tranzystory, niemniej jednak wystarczające. Dopuszczalne jest, jeśli w tranzystorach T6 i T7 wyczuwa się podwyższenie temperatury, tranzystory są ciepłe, ale nie parzą. W takim przypadku trzeba nałożyć na nie małe radiatory w postaci aluminiowych rurek. Gdy tranzystory T6, T7, T8 i T9 wykazują znaczny wzrost temperatury, po dotknięciu palcem czuje się, że są gorące, a nawet parzą, należy szybko sprawdzić napięcie między punktami A i B. Powinno ono wynosić około 1 V, maks. 1,2 V. Jeśli jest ono większe niż 1,2 V, trzeba zewrzeć jedną z diod D_x lub przyłączyć do niej równolegle diodę germanową, np. AA 118, i jeszcze raz sprawdzić napięcie między punktami A-B, oraz grzanie się tranzystorów. Nierównomierne nagrzewanie się tranzystorów pracujących w parach (jeden tranzystor z pary grzeje się bardziej niż drugi) sugeruje, że źle zostały dobrane ich współczynniki wzmocnienia (duża różnica). Grzanie się tranzystora T3 jest zjawiskiem normalnym, w związku z czym należy go zaopatrzyć w mały radiator zwinięty z paska aluminiowej lub miedzianej blaszki grubości około 0,5 mm i powierzchni około 2 cm². Przy zasilaniu stopnia mocy napięciem powyżej ± 25 V, jako tranzystora T3 należy użyć BC 211 lub BC 140.

Gdy jesteśmy już pewni, że stopień mocy pracuje poprawnie, możemy zabrać się do montażu następnej części wzmacniacza. Potencjometry regulacji barwy dźwięku łączymy ze stopniem mocy ekranowanymi przewodami, a elementy wchodzące w skład tych regulatorów najlepiej zamocować bezpośrednio na wyprowadzeniach potencjometrów. Zasilacz stabilizowany do zasilania przedwzmacniacza nie powinien sprawić trudności przy uruchamianiu. Jeżeli na jego wyjściu, po podłączeniu do transformatora, nie ma napięcia (powinno być około 11-12 V), należy sprawdzić, czy przypadkiem nie została odwrotnie podłączona dioda Zenera. Układ przedwzmacniacza łączymy przewodami ekranowanymi z regulacją barwy, potencjometrami balansu i głośności. Po dołączeniu zasilania musimy sprawdzić tę część wzmacniacza. Sygnał z magnetofonu doprowadzamy do kondensatorów C_1 prawego kanału i C_1 lewego kanału (na czas prób ich wolne końce można zewrzeć).

SPIS ELEMENTÓW

Wzmacniacz mocy

1. Rezystory:

- R_1 - 56-68 k Ω ;
- R_2 - przy zasilaniu powyżej do ± 25 V - 3,9 k Ω , przy zasilaniu powyżej ± 25 V - 4,7 k Ω ,
- R_3 - 1 - 1,5 k Ω ,
- R_4, R_5, R_{10} - 560 Ω - 620 Ω , przy napięciu zasilania powyżej ± 25 V, R_4 - 470 Ω ,
- R_6 - 18 - 22 k Ω ,
- R_7, R_8 - 1,8 - 2,2 k Ω ,
- R_9 - 1,8 - 2,0 k Ω ,
- R_{11}, R_{12} - 430 - 470 Ω ,
- R_{13}, R_{18} - 56 - 68 Ω ,
- R_{14}, R_{15} - 330 - 390 Ω ,
- R_{16}, R_{17} - wg tabelki,
- R_x - patrz tekst.

2. Kondensatory:

- C_1 - 0,22 μ F/100 V, lub 0,33 μ F/100 V,
- C_2 - od 200 do 280 pF/100 V,
- C_3 - 22 μ F/25 V lub 47 μ F/25 V,
- C_4 - 100 μ F/16 V lub 100 μ F/25 V,
- C_5 - przy zasilaniu do ± 25 V - 220 μ F/25 V, przy zasilaniu powyżej ± 25 V - 220 μ F/40 V,
- C_6 - 120 lub 150 pF/100 V.

3. Półprzewodniki:

- T1, T2 - BC 177, BC 157, BC 416,
 - T3 - BC 107, BC 147, przy napięciu zasilania powyżej ± 25 V - BC 211,
 - T4 - BC 109, BC 149, BC 148 (para do T5),
 - T5 - BC 179, BC 159, BC 158,
 - T6 - BC 211, BC 140, BC 141 (para do T7),
 - T7 - BC 313, BC 160, BC 161,
 - T8 - KD 617, TIP 2955, BDP 283 (tylko do mocy maks. 2 x 30 W), BD 255 (tylko dla mocy 2 x 10 W),
 - T9 - KD 502, TIP 3055, BDP 284 do 2 x 30 W, BD 254 do 2 x 10 W
Dla drugiej wersji stopnia końcowego T8, T9 - KD 502, 2 N 3055, BDP 620 itp.
 - D_x - BAY 55 lub inna dowolna dioda krzemowa małej mocy (dobrze wg opisu w tekście),
 - D1, D2 - BYP 401/50, 1 N 4001, 1 N 4002 itp.
- Całkowity koszt elementów stopnia mocy (jeden kanał), wg cen detalicznych - około 900 zł.

Przedwzmacniacz

1. Rezystory:

- R_1 - 47 - 56 k Ω ,
- R_2 - 330 - 390 Ω ,
- R_3 - 3 do 3,3 k Ω ,
- R_4 - 2,2 do 2,7 k Ω ,
- R_5 - 68 do 82 Ω ,
- R_6 - 100 do 120 k Ω ,
- R_7, R_{15} - 22 do 27 k Ω ,
- R_8 - 270 do 330 k Ω ,
- R_9 - 33 do 39 k Ω ,
- R_{10} - 150 do 200 Ω ,
- R_{11} - 2,7 do 3,3 k Ω ,
- R_{12} - 270 do 330 Ω ,
- R_{13} - 47 do 56 k Ω , (stosować tylko przy współpracy wzm. z magnetofonami, których sygnał wyjściowy ma wartość większą niż 300 mV, w innych przypadkach rezystor pominać).
- R_{14} - 47 do 56 k Ω ,
- R_{16} - 470 do 620 Ω ,
- R_{17} - 39 do 47 k Ω ,
- P_1 - 100 k Ω logarytmiczny (B lub C), do wzm. stereofonicznego - 2 x 100 k Ω logarytmiczny,
- P_2 - 100 k Ω liniowy (A), do wzm. stereofonicznego - 2 x 100 k Ω liniowy.

(Dalszy ciąg na str. 66)

2. Kondensatory:

- C₁, C₁₃ – 2,2 μ F/10 V (16 V) lub 4,7 μ F/10 V (16 V),
C₂, C₁₄ – 22 μ F/10 V (16 V) lub 47 μ F/10 V (16 V),
C₃ – 100 μ F/10 V (16 V),
C₄ – 33 nF/100 V, lub 47 nF,
C₅, C₈ – 0,1 μ F/100 V,
C₆, C₉, C₁₀, C₁₅ – 4,7 μ F/10 V (16 V) lub 10 μ F/10 V (16 V),
C₇ – 0,22 lub 0,33 μ F,
C₁₁ – 0,1 μ F/100 V lub 0,2 μ F/100 V,
C₁₆ – 220 μ F/16 V,
C₁₇ – 100 μ F/10 V.

3. Półprzewodniki:

US I, US II, T₁ – UL 1321 – do wzm. stereofonicznego dwie sztuki,
Koszt elementów przedwzmacniaczy (jeden kanał) wg cen det. –
około 300 zł.

Regulator barwy tonu

1. Rezystory:

- R₁ – 1,2 lub 1,5 k Ω ,
R₂ – 8,2 do 12 k Ω ,
R₃, R₄ – 4,7 do 5,1 k Ω ,
P₃, P₄ – 100 k Ω liniowy (A), do wzmacniacza stereofonicznego –
2 \times 100 k Ω ,

2. Kondensatory:

- C₁, C₄ – 15 nF/100 V, lub 22 nF/100 V,
C₂ – 0,1 do 0,22 μ F/100 V,
C₃ – 1,8 do 2,2 nF

Koszt elementów regulatora – około 150 zł.

Zasilacz

1. Rezystory:

- R₁ – 1 do 1,8 k Ω .

2. Kondensatory:

- C₁ – 220 μ F/16 V (100 μ F/16 V),
C₂ – 47 μ F/16 V (22 μ F/16 V),
C₃ – 1000 μ F/16 V,
C₄, C₅ – przy napięciu zasilania do \pm 25 V stosować 3300 μ F/25 V
lub 4700 μ F/25 V, przy zasilaniu napięciem powyżej \pm 25 V
stosować wyłącznie 4700 μ F/40 V.

3. Transformator wg opisu w tekście.

4. Półprzewodniki:

- D₁, D₂ – BYP 401/50, 1 N 4001 itp.,
D₃, D₄, D₅, D₆ – dla napięcia zasilania \pm 15 V – BYP 401, 1 N 4001,
– dla napięcia zasilania od \pm 18 do \pm 31 V – B80 C 3200/3300,
– BYP 680/100 dla wszystkich wartości napięć zasilania,
T₁ – BC 211, 2 N 2195 itp.,
D_Z – BZP 630 C12, BZP 630 C13, D 811, D 812.

Koszt elementów zasilacza (bez transformatora) około 500 zł.

Nieco kłopotu może sprawić właściwe połączenie potencjometru balansu. Dobrze połączony balans przy przekręcaniu potencjometru w prawo powinien zwiększać natężenie dźwięku w głośniku przyłączonym z prawej strony. Podobnie ma być przy przekręcaniu potencjometru w lewą stronę, teraz będzie rosło natężenie dźwięku w głośniku przyłączonym z lewej strony. Jeśli jest inaczej, trzeba zamienić miejscami potencjometry balansu. Dla ułatwienia orientacji na rys. 9 przedstawiony jest układ połączeń potencjometrów balansu.

Pewne trudności może sprawić połączenie przełącznika rodzaju pracy wzmacniacza. W modelowym wzmacniaczu umieszczony jest pięciopozycyjny

przełącznik typu ISOSTAT zmontowany z trzech niezależnych segmentów (magnetofon, mono-stereo, gramofon magnetyczny lub krystaliczny) oraz dwóch zależnych (radio, gramofon bez wyboru przetwornika). Na stykach przełącznika zostały umieszczone niektóre elementy układu wzmacniacza, głównie kondensatory wejściowe i rezystory polaryzujące te kondensatory. Układ połączeń styków przełącznika przedstawiony został na rys. 2. Takie rozwiązanie należy traktować jako jedno z możliwych, bowiem trudno liczyć na to, że każdy z czytelników podejmujących budowę wzmacniacza zdobędzie przełącznik o takim samym układzie. Poza tym proponowany przełącznik nie realizuje funkcji przyłączenia mikrofonu lub dodatkowych filtrów (nie uwzględnionych w projekcie układu wzmacniacza).

Istotnym zagadnieniem przy konstruowaniu wzmacniaczy jest eliminacja zakłóceń i przydźwięku z sieci energetycznej. Na rys. 12 przedstawiony jest układ połączeń tzw. masy, który zapewnia wyeliminowanie przydźwięku z sieci energetycznej. W prawidłowo działającym wzmacniaczu nie może pojawić się przydźwięk z sieci przy regulatorze głośności przekierowanym na maksimum i włączonym wejściu radiowym (bez sygnału).

Na początku opisu wspominaliśmy, że wzmacniacz może współpracować z mikrofonem. W modelowej konstrukcji, ze względu na małe wymiary skrzynki, gniazdo dla mikrofonu zostało pominięte. Ci z czytelników, którzy będą chcieli mieć gniazdo mikrofonowe, muszą wmontować dodatkowy segment w przełączniku i wykonać dodatkowe połączenia z przedwzmacniaczem I. Jego wyjście musi być przełączane z gniazda gramofonowego na mikrofonowe oraz musi być rozłączany korektor charakterystyki (R₃, C₄ i C₅) w miejscu zaznaczonym na schemacie krzyżykiem (rys. 2). Można też przyjąć inne rozwiązanie, mianowicie mikrofon podłączyć do gniazda gramofonu i rozłączać tylko korektor, co znacznie upraszcza układ połączeń.

Układ wzmacniacza można uzupełnić dodatkowymi elementami, jak np. gniazdo słuchawkowe, które łączymy równolegle z gniazdam głośnikowymi, oraz we wskaźniki wysterowania wychyłowe lub na diodach świecących. Sposób włączenia wskaźników wychyłowych przedstawia rys. 13. Natomiast wskaźniki na diodach świecących można przyłączyć do wyjścia przedwzmacniacza II (kondensator C₁₅). Przy takim połączeniu wskaźnik będzie pokazywał obecność sygnału bez względu na położenie pokręteł regulacji.

Roman Kozak