

6.7.2. Wzmacniacz o znamionowej mocy wyjściowej 25 W (stopień trudności 4)

Na rys. 6.23 przedstawiono schemat ideowy wzmacniacza mocy 25 W pracującego w klasie AB. Podkreślić należy, że układ wzmacniacza jest prawie identyczny dla wartości mocy wyjściowych od 10 do ok. 50 W. Poszczególne rozwiązania różnią się jedynie wartościami niektórych elementów i zastosowanymi tranzystorami oraz wartością napięcia zasilania.

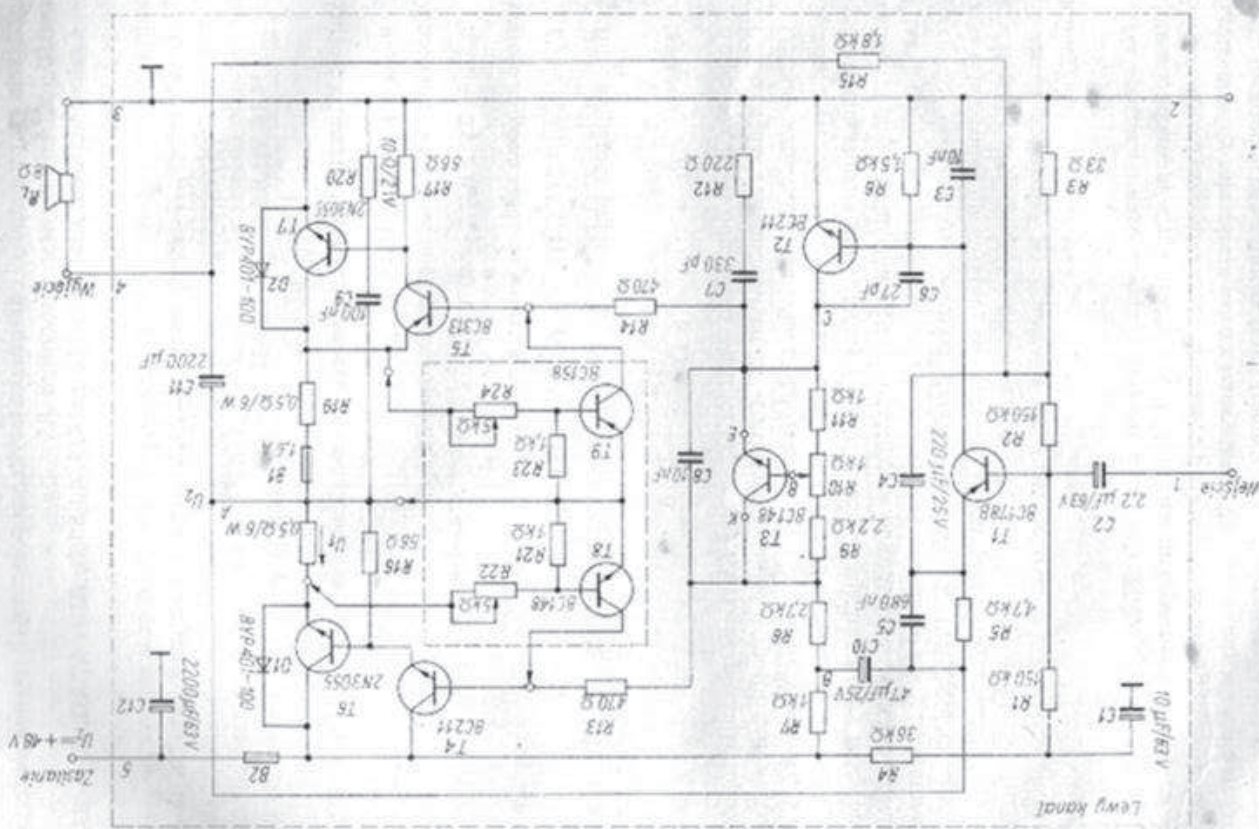
Stopień wejściowy wzmacniacza 25 W rozwiązany jest analogicznie jak w opisanym wzmacniaczu 15/20 W. Jedyne różnice to brak regulacji wartości potencjału punktu środkowego oraz zastosowanie kondensatora C5 (zwiększenie głębokości ujemnego sprzężenia zwrotnego w zakresie wyższych częstotliwości w celu ograniczenia szerokości pasma i zabezpieczenia układu przed podwzbudzeniem się w czasie pracy). Sygnał z kolektora tranzystora T1 steruje bazę tranzystora T2. W obwodzie kolektora tranzystora T2 umieszczony jest obwód termicznej stabilizacji wartości prądu spoczynkowego tranzystorów mocy T6 i T7, z tranzystorem T3 jako czujnikiem temperatury. Wartość prądu spoczynkowego stopnia mocy ustawiana jest za pomocą potencjometru montażowego R10. Obciążenie tranzystora T2 stanowi obwód stabilizacji prądu spoczynkowego oraz rezystory R8 i R7, tworzące wraz z kondensatorem C10 obwód bootstrapu, zastosowany w celu zwiększenia wartości współczynnika wzmocnienia tego stopnia. Tranzystory T4 (sterujący) i T6 (wyjściowy) oraz T5 (sterujący) i T7 (wyjściowy) pracują w układach wtórników emiterowych odpowiednio dla dodatniej i ujemnej półfali sygnału. Wartość współczynnika wzmocnienia prądowego każdego z wtórników jest bardzo duża (w przybliżeniu stanowią ona iloczyn współczynników wzmocnienia prądowego *h_{FE}* tranzystorów składowych, a więc wynosi np. ok. 10³).

Dzięki zastosowaniu kondensatora sprzęgającego C10, napięcie w punkcie B wtórnika napięcia w punkcie A. Ponieważ z kolei napięcie w punkcie A jest sygnałem wyjściowym jednego z wtórników, dla których sygnałem wejściowym są zmiany potencjału punktu C, zatem wartość spadku napięcia między punktami B i C jest niewielka. Wartość prądu zmiennego płynącego przez obwód włączony między tymi punktami jest więc bardzo mała. Efektem działania obwodu bootstrapu jest pozorne zwiększenie wartości rezystancji rezystorów obwodu kolektora, czyli wielokrotny wzrost wartości współczynnika wzmocnienia napięciowego stopnia z tranzystorem T2. Oczywiście wartość pojemności kondensatora C10 musi być odpowiednio duża, aby obwód bootstrapu działał poprawnie również w zakresie małych częstotliwości akustycznych.

Obwód bootstrapu spełnia podobną funkcję, jak źródło prądowe w układzie tranzystora T4 obciążone tranzystorem T7 (rys. 6.19).

Tranzystory T4 i T5 oraz T6 i T7 dobrane są w pary (dwa pierwsze tworzą parę komplementarną).

Kondensator C9 i rezystor R20 są elementami obwodu Zobla. Wartość współczynnika wzmocnienia napięciowego całego układu zależy od głębokości ujemnego



Rys. 6.23. Wzmacniacz mocy 25 W

sprężenia zwrotnego, czyli od stosunku rezystancji połączonych równolegle rezystorów $R5$ i $R15$ do rezystancji rezystora $R3$.

Czułość układu dla mocy 25 W i dla $R15 = 1,8 \text{ k}\Omega$, $R5 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R3 = 33 \text{ }\Omega$, $R_L = 8 \text{ }\Omega$ wynosi:

$$U_{wy\text{sk}} = \frac{U_{wy\text{sk}}}{R15 R5} \cdot \frac{1}{R15 R5} = \frac{1}{R15 R5} \cdot \frac{1}{R15 R5} = \frac{1}{(R15 + R5) R3} \cdot \frac{1}{(R15 + R5) R3} = \frac{1}{14,14 \text{ V} (1,8 \text{ k}\Omega + 4,7 \text{ k}\Omega) \cdot 33 \cdot 10^{-3} \text{ k}\Omega} = 0,36 \text{ V} = 1,8 \text{ k}\Omega \cdot 4,7 \text{ k}\Omega$$

Wartość skuteczna napięcia zmiennego na obciążeniu wynosi:

$$U_{wy\text{sk}} = \sqrt{P \cdot R_L} = 14,14 \text{ V}$$

Odpowiada to wartości międzyszczytowej napięcia:

$$U_{wy\text{sk}} = 2 \sqrt{2} U_{wy\text{sk}} = 40 \text{ V}$$

Wartość napięcia zasilania jest następująca:

$$U_Z = U_{wy\text{sk}} + 2(3 \dots 4) \approx 40 \text{ V} + 8 \text{ V} \approx 48 \text{ V}$$

Wartość amplitudy prądu wyjściowego $I_{wy\text{sk}}$ dla mocy 25 W wynosi:

$$I_{wy\text{sk}} = \frac{\sqrt{2} U_{wy\text{sk}}}{R_L} = \frac{14,14 \text{ V} \cdot \sqrt{2}}{8 \text{ }\Omega} = 2,5 \text{ A}$$

Amplituda 2,5 A odpowiada wartości skutecznej 1,8 A. Bezpieczniki topikowe $B1$ i $B2$ o prądach znamionowych 1,6 A zabezpieczą układ w sposób zadowalający.

Opisany wzmacniacz ma kilka układów zabezpieczających. Rezystory $R13$ i $R14$ włączone szeregowo w obwody baz tranzystorów $T4$ i $T5$ ograniczają wartość prądu występowania stopnia mocy. Diody $D1$ i $D2$ zabezpieczają tranzystory mocy przed przebiegiem przy wystąpieniu ujemnych przepięć w obwodach zasilania lub głośnika. W takim przypadku, przewodząc, diody te stanowią zwarcie do masy (połączone są szeregowo) dla ujemnych wartości stanów nieustalonych. Przepięcia występujące mogą w przypadku np. zbyt długich doprowadzeń zasilania lub sygnału wyjściowego, przy silnym przesterowaniu wzmacniacza, a także wtedy, gdy obciążeniem układu jest zespół głośnikowy wyposażony w zwrotnicę elektryczną zawierającą elementy indukcyjne.

Na specjalną uwagę zasługuje aktywny układ zabezpieczający, zaznaczony na schemacie ideowym wzmacniacza (rys. 6.23) liniami przerywanymi. Chroni on stopień mocy przed przeciążeniem, a składa się z dwóch, prawie identycznych obwodów, z których każdy zabezpiecza jeden z tranzystorów mocy. Obwody te różnią się tylko typem przewodnictwa zastosowanych tranzystorów. Tranzystor $T8$ jest typu n-p-n, a $T9$ p-n-p. Ponieważ obydwa obwody działają podobnie, omówiony zostanie układ zabezpieczający tranzystor $T6$. Tranzystor ten przewodzi podczas dodatniej półfali sinusoidalnego sygnału sterującego, przy czym wartość chwilowa spadku napięcia

u na rezystorze $R18$ zależy od wartości chwilowej prądu kolektora i_c , tj. od występowania: $u = i_c R18$. Gdy wartość chwilowa tego napięcia przekroczy wartość graniczną dla danego układu, zależną od maksymalnej wartości prądu kolektora I_{max} oraz wartości mocy strat tranzystora, wówczas tranzystor $T8$ wchodzi w stan nasycenia. Następuje zwarcie bazy tranzystora sterującego $T4$ do punktu środkowego wzmacniacza A , czyli wyłączenie sygnału zmiennego, sterującego tranzystorami $T4$ i $T6$. Zakładając: $R18 = 0,5 \text{ }\Omega$ oraz $I_{cmax} = 4 \text{ A}$, obliczyć można wartości rezystorów dzielnika bazy tranzystora $T8$ $R21$ i $R22$ (w podobny sposób można obliczyć wartości rezystorów $R23$ i $R24$):

$$U_{max} = I_{cmax} R18 = 4 \text{ A} \cdot 0,5 \text{ }\Omega = 2 \text{ V}$$

$$U_{BE T8} = \frac{U_{max} R21}{R21 + R22}$$

$$\text{dla } R21 = 1 \text{ k}\Omega \text{ i napięcia } U_{BE T8} = 0,6 \text{ V}$$

$$R22 = \frac{U_{max} - U_{BE T8}}{U_{BE T8}} R21 = \frac{2 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{0,6 \text{ V}} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 2,3 \text{ k}\Omega$$

Rezystor $R22$ jest potencjometrem montażowym do precyzyjnego ustawienia wartości prądu działania układu zabezpieczającego.

Układ zabezpieczający na tranzystorze $T9$ działa dla ujemnej półfali sygnału sterującego.

Należy zaznaczyć, że aktywny układ zabezpieczający ma także pewne wady. Jedną z nich jest wzrost poziomu zniekształceń typu intermodulacyjnego, tj. zniekształceń związanych z przemianą częstotliwości sygnałów wejściowych na nieliniowościach charakterystyk tranzystorów $T8$ i $T9$. Podając na wejście wzmacniacza sygnał składający się z dwóch tonów sinusoidalnych o różnych wartościach częstotliwości otrzymuje się na wyjściu obydwa tony wzmocnione, przy czym ton o wyższej częstotliwości zmodyulowany jest amplitudowo tonem o częstotliwości niższej. Poziom zniekształceń intermodulacyjnych jest rzędu 0,8... 1% dla mocy znamionowej. Drugą, mniej istotną wadą jest termiczna zależność progu działania układu zabezpieczającego, związana ze zmianą wartości napięcia złącza (diody) baza — emiter w funkcji temperatury.

Parametry wzmacniacza:

- wartość napięcia zasilania 48 V ($\pm 10\%$),
- pobór prądu (dla mocy 25 W, $f = 1 \text{ kHz}$) ok. 850 mA
- wartość prądu spoczynkowego stopnia mocy ok. 40 mA,
- maksymalna wartość mocy użytkowej (dla $R_L = 8 \text{ }\Omega$) 25 W,
- współczynnik zniekształceń nieliniowych ok. 0,1%,
- bez aktywnego układu zabezpieczającego ok. 0,25%,
- z aktywnym układem zabezpieczającym

— impedancja wejściowa 150 kΩ,
 — czułość (dla mocy 25 W, obciążenie 8 Ω) ok. 330 mV,
 — charakterystyka częstotliwościowa (dla poziomu — 1 dB) 20...35 000 Hz

Wykaz użytych elementów (dla jednego kanału stereofonicznego):

- R1 — 150 kΩ, rezystor MLT 0,125 W/5% lub 0,25 W/5%
- R2 — 150 kΩ, rezystor MLT 0,125 W/5% lub 0,25 W/5%
- R3 — 33 Ω, rezystor MLT 0,125 W/5% lub 0,25 W/5%
- R4 — 36 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R5 — 4,7 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R6 — 1,5 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R7 — 1 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R8 — 2,7 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R9 — 2,2 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R10 — 1 kΩ, potencjometr montażowy 0,25 W
- R11 — 1 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/5%
- R12 — 220 Ω, rezystor MLT 0,25 W/10%
- R13 — 470 Ω, rezystor MLT 0,5 W/5%
- R14 — 470 Ω, rezystor MLT 0,5 W/5%
- R15 — 1,8 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/10%
- R16 — 56 Ω, rezystor MLT 0,5 W/5%
- R17 — 56 Ω, rezystor MLT 0,5 W/10%
- R18 — 0,5 Ω, rezystor drutowy 6 W/5% lub wykonany samodzielnie
- R19 — 0,5 Ω, rezystor drutowy 6 W/5% lub wykonany samodzielnie
- R20 — 10 Ω, rezystor MLT 1 W/10% lub lepiej 2 W/10%
- R21 — 1 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/10%
- R22 — 5 kΩ, potencjometr montażowy 0,25 W
- R23 — 1 kΩ, rezystor MLT 0,25 W/10%
- R24 — 5 kΩ, potencjometr montażowy 0,25 W
- C1 — 4,7...10 μF/63 V, kondensator elektrolityczny
- C2 — 2,2 μF/63 V, kondensator elektrolityczny
- C3 — 10 nF, kondensator MKSE-011 o tolerancji 10%
- C4 — 220 μF/25 V, kondensator elektrolityczny
- C5 — 680 pF, kondensator styrofleksowy KSF o tolerancji 10%
- C6 — 27 pF, kondensator ceramiczny
- C7 — 330 pF, kondensator styrofleksowy KSF o tolerancji 10%
- C8 — 10 nF, kondensator MKSE-011
- C9 — 100 nF, kondensator MKSE-011 o tolerancji 10%
- C10 — 47 μF/25 V, kondensator elektrolityczny
- C11, C12 — 2200 μF/63 V, kondensatory elektrolityczne (nakrętkowe)
- D1, D2 — diody BVP 401-100
- T1 — tranzystor BC 158B lub BC 178B
- T2 — tranzystor BC 211 lub BD 137, BD 139
- T3 — tranzystor BC 148 (BC 108)

T4 — tranzystor BC 211 lub BD 137, BD 139
 T5 — tranzystor BC 313 lub BD 138, BD 140
 tranzystory T4 i T5 tworzą parę komplementarną (dobór pod względem wartości współczynników wzmocnienia prądowego h_{FE})

T6, T7 — tranzystory 2 N 3055 lub BD 620 (dobrane w parę)

T8 — tranzystor BC 148 (BC 108),

T9 — tranzystor BC 158 (BC 178),

B1 — bezpiecznik topikowy 1,6 A (bezwłoczny),

B2 — bezpiecznik topikowy 1,6 A (bezwłoczny).

Każdy z tranzystorów mocy (T6 i T7) wymaga radiatora o oporności cieplnej ok. 8°C/W. Odpowiada to w przybliżeniu umocowanej pionowo płycie aluminiowej o grubości 2 mm i powierzchni 60 cm². Tranzystory T2, T4 i T5 wymagają chłodnic o powierzchni ok. 2 cm².

Konstrukcja wzmacniacza i strojenie

Jeden kanał wzmacniacza mocy oraz kondensator filtru zasilania C12 stanowią odrębny moduł. Wszystkie elementy elektroniczne umieszczone są na płycie drukowanej (rys. 6.24), a radiatory obydwu tranzystorów mocy przymocowane do niej za pomocą odcinków kątowników 15×15 mm. Każdy z radiatorów to aluminiowa płytka o grubości 2 mm i powierzchni ok. 100 cm² (wymiały 130×75 mm). Na jednym z radiatorów umocowano na wisk czujnik temperatury, tj. tranzystor T3 (jako izolację wykorzystano odcinek rurki polietylenowej). Tranzystory mocy T6 i T7 mocowane są bezpośrednio na radiatorach (miejsce styku posmarowano smarem silikonowym). W związku z tym radiatory znajdują się na potencjałach kolektorów i należy zachować szczególną ostrożność w czasie uruchamiania, by nie dopuścić do zwarcia między radiatorami a masyą.

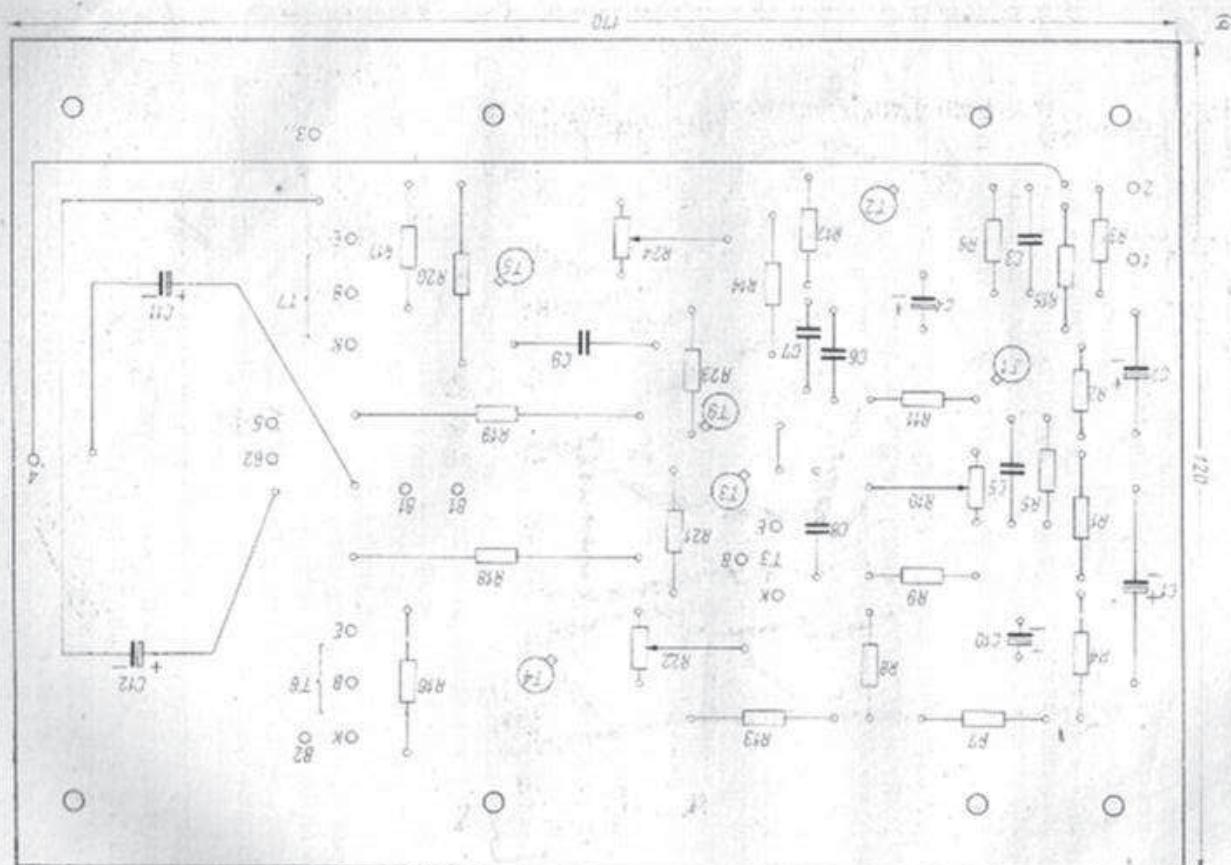
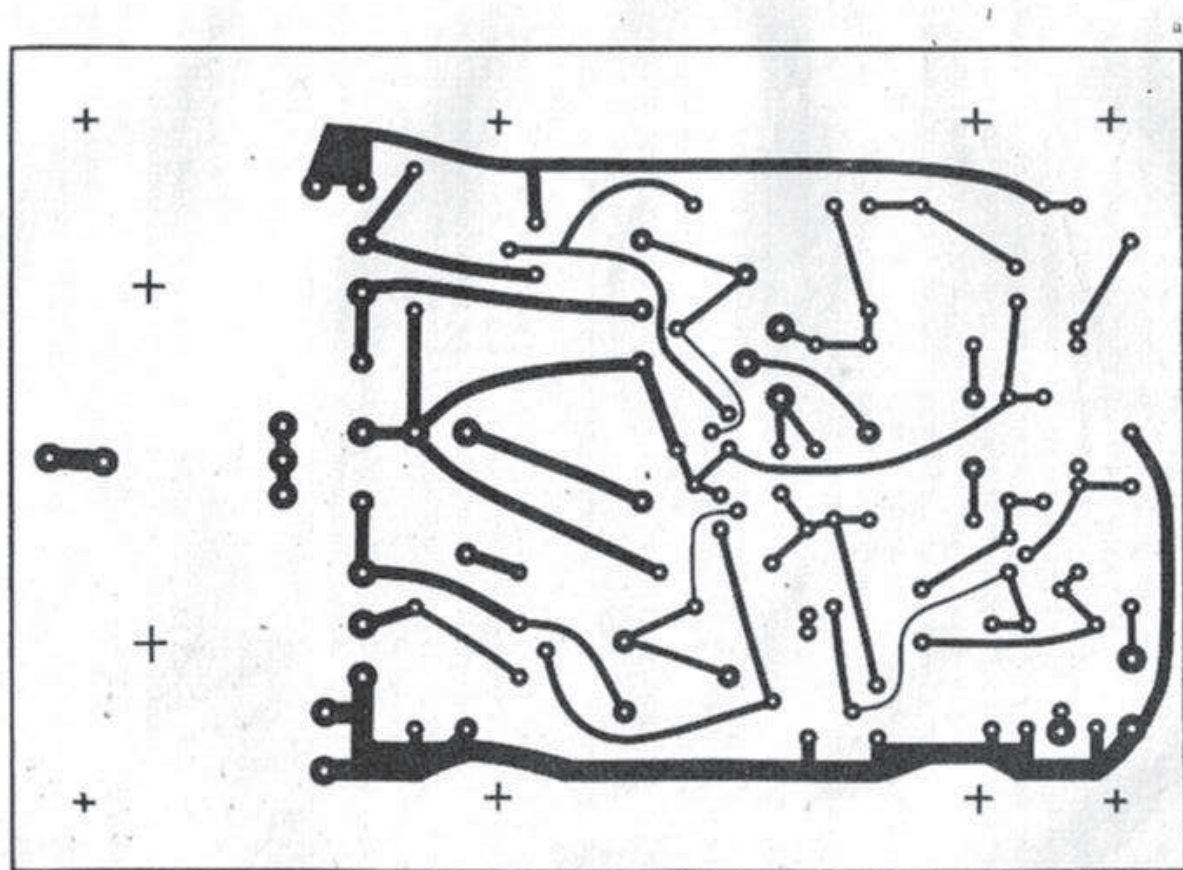
Kondensatory elektrolityczne (nakrętkowe) wyjściowy i zasilania umocowane są na podkładkach kupalowych (tj. podkładkach ze sprasowanych warstw blachy aluminiowej i miedzianej) od strony warstwy aluminiowej, zaś przewody przyłutowane są oczywiście od strony miedzi. W przypadku braku takich podkładek kondensatory można umieścić na pierścieniach z blachy aluminiowej z przykręconymi do nich końcówkami lutowniczymi.

Dysponując elementami różniącymi się rozmiarami od elementów użytych w modelu, należy przeprojektować płytkę, co nie jest specjalnie trudne.

Na rys. 6.25 (fot. na wkładce) pokazano wzmacniacz zmontowany według niniejszego opisu. Wymiary zewnętrzne są następujące: wysokość — 90 mm, długość — 170 mm, szerokość — 120 mm.

Przed przystąpieniem do uruchamiania układu konieczne jest sprawdzenie poprawności połączeń oraz wartości napięcia zasilania. Potencjometr R10 należy ustawić na maksymalną wartość rezystancji (suwak w położeniu górnym), tak by wartość spadku napięcia na tranzystorze T3 była możliwie jak najmniejsza (odpowiada to minimalnej wartości prądu spoczynkowego stopnia mocy). Dopiero teraz można podłączyć wzmacniacz do zasilacza (przy wszystkich próbach konieczne jest stosowanie bezpieczników o prądzie znamionowym 1,6 A).

Napierw należy sprawdzić wartość poboru prądu przez cały układ (ok. 10...20 mA), a następnie wartość napięcia zasilania U_Z i napięcia w punkcie środkowym $A - U_A$. Wartość napięcia U_A powinna być z dokładnością do 0,5...1 V równa połowie wartości napięcia zasilania U_Z . Gdy tak nie jest, wówczas konieczna jest korekta wartości potencjału dzielnika bazy tranzystora $T1$. W przypadku, gdy $U_A > U_Z/2$ należy



Rys. 6.24. Płyta drukowana wzmacniacza mocy 25 W (wersja monofoniczna): a) połączenia elementów (widok od strony miedzi), b) rozmieszczenie elementów

zwiększyć wartość rezystancji rezystora $R1$ lub zbocznikować rezystor $R2$. Gdy $U_2 < U_{Z1}$, trzeba postąpić odwrotnie.

Kolejną czynnością jest ustawienie prądu spoczynkowego wzmacniacza (40 mA). Można to zrobić albo mierząc wartość spadku napięcia U_1 na rezystorze $R18$ lub $R19$ ($U_1 = 20$ mV dla 40 mA), albo włączając amperomierz w obwód kolektora tranzystora $T6$. Regulację przeprowadza się zmniejszając stopniowo wartość rezystancji potencjometru $R10$.

Następnie konieczne jest sprawdzenie poprawności działania układu stabilizującego wartość prądu spoczynkowego stopnia mocy w funkcji temperatury. Można to zrobić podgrzewając (np. suszarką do włosów) radiatory obydwu tranzystorów wyjściowych i mierząc wartość prądu spoczynkowego. Różnica wartości otrzymanych z pomiarów na zimno i po podgrzaniu nie powinna przekraczać 20 mA.

Gdy wartość prądu spoczynkowego jest duża (rzędu kilkuset mA) i nie zależy od ustawienia potencjometru $R10$, wówczas można przypuszczać, iż nastąpiło wzbudzenie się wzmacniacza albo uszkodzony jest jeden z tranzystorów stopnia mocy ($T4$, $T5$, $T6$, $T7$). O wzbudzeniu wzmacniacza świadczy występujące na sztucznym obciążeniu napięcie zmienne. Przyczynami wzbudzenia mogą być wadliwie wybrane punkty połączenia mas, zbyt długie doprowadzenia, zbyt szerokie pasmo układu (zwiększyć wartość pojemności kondensatora $C5$ do 470 pF lub $C6$ o 20 pF) lub zła filtracja napięcia zasilania dla sygnałów o dużych częstotliwościach (należy zablokować kolektor tranzystora $T6$ kondensatorem elektrolitycznym o pojemności 1...10 $\mu\text{F}/63$ V).

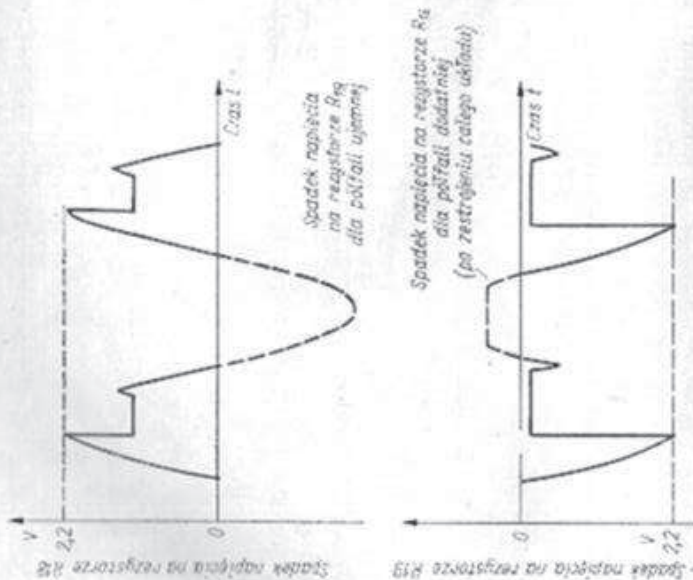
Disponując oscyloskopem i generatorem sygnałowym można sprawdzić poziom zniekształceń skrótnych (ewentualna korekta wartości prądu spoczynkowego) dla wartości skutecznej sygnału wyjściowego wynoszącej ok. 1...2 V. Następnie po przesterowaniu układu sygnałem wejściowym skontrolować można symetrię ograniczonego sygnału wyjściowego. Generator należy podłączyć do wejścia wzmacniacza przez rezystor szeregowy o wartości ok. 3 k Ω .

Ze względu na większą od minimalnej powierzchnię radiatorów wzmacniacz współpracować może również z obciążeniem 4 Ω . Należy pamiętać, że powierzchnia radiatorów powinna być możliwie jak największa, a powietrze musi mieć swobodny dostęp do chłodnic.

Ostatnią czynnością jest zestrojenie aktywnego układu zabezpieczającego stopień mocy przed przeciążeniem. Potrzebne są do tego oscyloskop i generator sygnału sinusoidalnego. Nie mając tych przyrządów należy, zamiast potencjometrów montażowych $R22$ i $R24$, wmontować rezystory 2,7 k Ω .

Kolejność strojenia jest następująca (dla amplitudy prądu szczytowego 4 A):

- 1) ustawić potencjometry montażowe $R22$ i $R24$ w środkowych położeniach,
- 2) podłączyć obciążenie 2 $\Omega/20$ W do wyjścia wzmacniacza,
- 3) podłączyć oscyloskop do rezystora $R18$,
- 4) wysterować wzmacniacz sygnałem sinusoidalnym 1 kHz tak, by uzyskać amplitudę spadku napięcia na rezystorze $R18$, wynoszącą 2,2 V,
- 5) dobrać tak wartość $R22$, by uzyskać sygnał jak na rys. 6.26a
- 6) ponieważ wartość spadku napięcia na rezystorze $R19$ jest zredukowana (działa układ zabezpieczający dla półfali dodatniej) trzeba zwiększyć wysterowanie układu,



Rys. 6.26. Przebieg napięć w układzie zabezpieczającym: a) po zestrojeniu dla dodatniej półfali napięcia, b) po całkowitym zestrojeniu

by uzyskać amplitudę 2,2 V na rezystorze $R19$, dobrać tak wartość $R24$, by uzyskać sygnał jak na rys. 6.26b.

Strojenie należy przeprowadzać możliwie szybko, by nie dopuścić do zniszczenia rezystora sztucznego obciążenia o wartości 2 Ω (wydziela się na nim bardzo duża ilość ciepła).

Stosowanie aktywnego układu zabezpieczającego nie jest konieczne w przypadku trośkliwego obciążenia się ze wzmacniaczem (niepodpuszczania do zwarcia obciążenia itp.), co grozi natychmiastowym uszkodzeniem wzmacniacza (szczególnie podatne na uszkodzenia są tranzystory: $T4$ typu BC 211 i $T5$ typu BC 313).

6.7.3. Wzmacniacz o znamionowej mocy wyjściowej 40 W (stopień trudności 4)

Schemat ideowy tego wzmacniacza jest taki sam jak schemat wzmacniacza 25 W (rys. 6.23).

Wymagana dla mocy 40 W ($R_L = 8 \Omega$) wartość napięcia zasilania wynosi:

$$U_Z = U_{avg} + 2(3...4) \approx 2(2\sqrt{2}/PR_L) + 2(3...4) \approx 50,6 \text{ V} + 8 \text{ V} \approx 60 \text{ V}$$

Amplituda prądu wyjściowego dla mocy 40 W jest następująca:

$$I_{\text{legm}} = \sqrt{2} \sqrt{\frac{P}{R_L}} = \sqrt{2} \sqrt{\frac{40 \text{ W}}{8 \Omega}} = 3,165 \text{ A}$$

a jego wartość skuteczna wynosi:

$$I_{\text{legk}} = \sqrt{\frac{P}{R_L}} = 2,23 \text{ A}$$

Trzeba zatem zastosować bezpieczniki topikowe bezwzględnie o prądzie znamionowym 2 A.

Różnice w doborze elementów w porównaniu z układem wzmacniacza 25 W są następujące:

- R7 — 820 Ω , rezystor MLT 0,5 W/5%
- R13 — 360 Ω , rezystor MLT 0,5 W/5%
- R14 — 360 Ω , rezystor MLT 0,5 W/5%
- T2 — tranzystor BD 139
- T4 — tranzystor BD 139
- T5 — tranzystor BD 140

tranzystory T4 i T5 tworzą parę komplementarną.

B1, B2 — bezpieczniki topikowe 2 A.

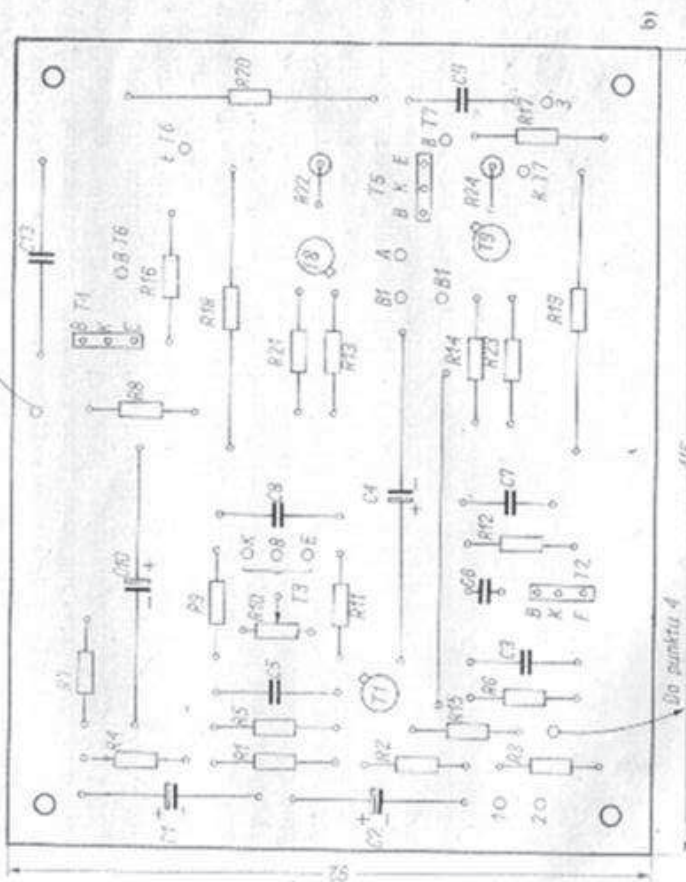
Radiatory każdego z tranzystorów wyjściowych to zamocowane pionowo płytki aluminiowe o grubości 2 mm i powierzchni 80 cm²; tranzystorów T2, T4 i T5 — płytki aluminiowe o powierzchni 2 cm².

Parametry wzmacniacza:

- napięcie zasilania 60 V ($\pm 10\%$)
- pobór prądu (dla mocy 40 W, $f = 1 \text{ kHz}$) ok. 1,1 A
- wartość prądu spoczynkowego stopnia mocy 40 mA
- maksymalna wartość mocy użytecznej (dla $R_L = 8 \Omega$) 40 W,
- współczynnik zniekształceń nieliniowych ok. 0,25%
- zniekształcenia intermodulacyjne ok. 0,8%
- impedancja wejściowa 150 k Ω
- czułość (dla mocy 40 W, obciążenie 8 Ω) ok. 450 mV
- charakterystyka częstotliwościowa (dla poziomu — 1 dB) 20...35 000 Hz.

Konstrukcja wzmacniacza i strojenie

Rozwiązanie konstrukcyjne wzmacniacza 40 W różni się nieco od poprzednio opisanych. Główna różnica polega na innym miejscu umieszczenia radiatorów tranzystorów mocy T6 i T7 oraz kondensatorów C11 i C12. Radiator (350 cm²) jest wspólny dla wszystkich tranzystorów mocy i usytuowany z tyłu wzmacniacza, równoległy do dłuższej krawędzi chassis. Ponieważ jest on połączony galwanicznie z masą, tranzystory wyjściowe muszą być odizolowane przekładkami mikowymi (konieczne jest stosowanie smaru silikonowego). Kondensatory wyjściowe obydwa kanałów muszą być zamocowane na płytce izolacyjnej i odizolowane od masy. Kon-



Rys. 6.27. Płytki drukowane wzmacniacza mocy 40 W (wersja monofoniczna): a) połączenia elektryczne (widok od strony miedzi), b) rozmieszczenie elementów

densatory elektrolityczne filtru zasilacza przykryte są bezpośrednio do chassis najbliższej głównej punktu połączenia mas.

Na rys. 6.27 pokazano schemat połączeń płytki drukowanej wzmacniacza 40 W, a na rys. 6.28 (fot. na wkładce) wygląd płytki po zmontowaniu.

Uwagi dotyczące strojenia wzmacniacza 40 W są identyczne jak dla wzmacniacza 25 W. Chcąc przystosować wzmacniacz 40 W do pracy z mniejszymi wartościami rezystancji obciążenia, np. 4 Ω , należy zwiększyć powierzchnię radiatora do ok. 500 cm².

6.8. Współpraca wzmacniaczy mocy z zespołami głośnikowymi

W zespołach głośnikowych głośniki pasmowe są połączone z wyjściem wzmacniacza przez układ specjalnej zwrotnicy (patrz podrozdz. 7.3.), składający się z elementów RLC. Z tego powodu zespół głośnikowy może, zależnie od zakresu częstotliwości, stanowić dla wzmacniacza obciążenie indukcyjne lub pojemnościowe. Wzmacniacz jest zabezpieczony przed obciążeniem indukcyjnym przez obwód Zobla. Obciążenie pojemnościowe może powodować wzbudzenie się wzmacniacza i przekraczanie prądu dopuszczalnego stopnia mocy podczas przepięć i stanów niestabilnych. Zapobiega się temu włączając szeregowo z obciążeniem filtr składający się z równoległe połączonego rezystora 2...20 $\Omega/2$ W i cewki powietrznej o indukcyjności kilka... kilkadziesiąt μ H, nawiniętej na tym rezystorze drutem miedzianym 0,7...1,1 mm zwój przy zwoju. Filtr taki jest również filtrem zaporowym dla częstotliwości radiowych (patrz podrozdz. 9.3.).

W układach wzmacniaczy wyższej jakości stosuje się układy opóźnionego dołączania zespołów głośnikowych, przy włączeniu zasilania oraz szybkiego ich odłączania po wyłączeniu zasilania. Układ taki umożliwia współpracę wzmacniacza dużej mocy z zespołami głośnikowymi o mniejszej mocy znamionowej i uniemożliwia przeciążanie zespołów głośnikowych, gdy na wyjściach wzmacniacza występują duże impulsy prądu. Układ zabezpieczający można wykonać na wzór układu opisanego w podrozdz. 7.5.

7. Głośniki i zespoły głośnikowe

Głośnik to przetwornik energii elektrycznej na akustyczną. Jest on najbardziej niedoskonałym, jeśli chodzi o parametry, ogniwem toru elektroakustycznego. Dlatego od parametrów zespołu głośnikowego zależy w większości przypadków subiektywna jakość odbieranych audycji. W sytuacji, gdy głośnik — ostatni element toru elektroakustycznego — jest niezbyt dobrej jakości, stosowanie aparatury o wysokich parametrach (a więc stosunkowo kosztownej) nie jest uzasadnione. Cena bardzo dobrego zespołu głośnikowego w wielu przypadkach przekracza cenę dobrego wzmacniacza.

7.1. Wiadomości ogólne

Na rys. 7.1 pokazano budowę typowego głośnika dynamicznego (jak dotąd najlepszego rodzaju głośnika). Sygnał wyjściowy wzmacniacza akustycznego steruje cewką drgającą. W wyniku tego jest ona źródłem zmiennego pola magnetycznego. Cewka i przymocowana do niej membrana poruszają się wskutek oddziaływania stałego pola magnetycznego, wytwarzanego przez magnes trwały, oraz zmiennego pola magnetycznego cewki. Wywołane ruchem membrany zaburzenia gęstości powietrza stanowią fale akustyczne promieniowane przez głośnik.

Zbudowanie dobrego przetwornika elektroakustycznego jest bardzo trudne. Przyczyny tych trudności to: bardzo szeroki zakres częstotliwości sygnałów akustycznych wynoszący ok. 10 oktaw (tj. stosunek wartości maksymalnej częstotliwości pasma do minimalnej jest rzędu 1000; dla porównania głos męski ma rozpiętość ok. 5 oktaw, a fortepian 7 oktaw — rys. 1.8) oraz stosunkowo mały opór powietrza przy ruchu membrany.

Projekt mechaniczny głośnika oraz jego wykonanie wymagają dużej staranności. Przyczyny wprowadzania przez głośnik zniekształceń są nierozłącznie związane z zasadą przetwarzania energii elektrycznej na akustyczną, tj. z faktem stosowania