

Lampowy wzmacniacz akustyczny 2x30 W

Lampy w natarciu – można tak powiedzieć sądząc po liczbie „lampowych” projektów, jakie docierają do naszej redakcji. Montaż wzmacniacza lampowego jest stosunkowo prosty, problemem trudnym do pokonania w warunkach amatorskich może się natomiast okazać wykonanie transformatorów, które zawsze występują w tego typu konstrukcjach.

Rekomendacje:

budowę wzmacniacza polecamy co najmniej średnio zaawansowanym elektronikom – miłośnikom lampowego brzmienia.



Lampa elektronowa królująca w elektronice połowy dwudziestego wieku, po wynalezieniu w 1948 roku tranzystora zaczęła powoli tracić swoją pozycję. Dzisiaj ponownie przeżywa swój renesans, a to za sprawą techniki audio z „wysokiej półki”. Trwająca od kilku lat moda na wzmacniacze akustyczne wysokiej jakości wykonywane w technice lampowej skłoniła autora do podjęcia tego bardzo interesującego tematu. Opisany poniżej wzmacniacz wykorzystuje triody w stopniach sterujących i pentody (tetrody strumieniowe) w stopniu końcowym. Przystępując do projektowania wzmacniacza przyjęto założenia, że będzie to wzmacniacz z przeciwsobnym stopniem końcowym dostarczającym do obciążenia moc około 30 W RMS na każdy kanał. Będą w nim zastosowane łatwo dostępne materiały. Wzmacniacz powinien zapewnić dobre parametry techniczne, przy zachowaniu powtarzalności w warunkach amatorskich. Konstrukcja ta jest przeznaczona dla przynajmniej średniozaawansowanych elektroników, posiadających znajomość podstaw techniki lampowej oraz odpowiednie zaplecze techniczne (oscyloskop, multimetr).

W czasie prac projektowych i wykonawczych wykorzystane były, oprócz tradycyjnych, również no-

woczesne metody pomiarowe wspomagane komputerowo. Zastosowane w stopniu końcowym „militarne” tetrody strumieniowe typu GU50 dzięki swoim dobrym parametrom elektrycznym zapewniły wzmacniaczowi „ciepłe” brzmienie i bardzo głęboki bas. Z doświadczenia autora wynika zalecenie zastosowania lamp GU 50 produkcji rosyjskiej. Lampy te są zdecydowanie lepsze i trwalsze od lamp innych producentów i bardzo tanie na rynku wtórnym. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby zamiast lamp GU50 zastosować lampy przeznaczone do wzmacniaczy akustycznych np. EL34 lub KT88. Jest to jednak poważny wydatek, co ma szczególne znaczenie dla młodego konstruktora.

Prezentowany wzmacniacz może występować jako samodzielny zespół, może też służyć jako element zestawu akustycznego. Istotnym argumentem przemawiającym za samodzielnym wykonaniem wzmacniacza jest jego cena. Jest ona kilkakrotnie niższa od podobnych wykonań fabrycznych.

W początkowym okresie wzmacniacze lampowe budowane były w układzie pojedynczej lampy pracującej w klasie A. Ze względu na stosunkowo małe moce wyjściowe i niską sprawność tych wzmacniaczy w późniejszym okresie pro-

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Zasilanie 230 VAC
- Sinusoidalna moc wyjściowa 30 W na obciążeniu 8 Ω
- Czulość przy mocy maksymalnej: około 0,6 V
- Pasma przenoszenia na poziomie 1 dB: 10 Hz...40 kHz przy 1 W mocy wyjściowej
- Zniekształcenia: mniejsze od 1% (przy mocy wyjściowej 10 W), mniejsze od 2% (przy mocy wyjściowej 30 W)

dukowano wzmacniacze przeciw-sobne, charakteryzujące się większymi mocami i większą sprawnością. Przykładem wzorcowego rozwiązania może być wzmacniacz zaproponowany w 1952 r. przez Wiliama na łamach „Wireless World”. Układ ten pomimo upływu lat jest nadal wykonywany przez wiele firm. Ze względu na swoje parametry należy postrzegać go jako pośredni pomiędzy układem pentodowym a triodowym.

Konstruktorzy współczesnych wzmacniaczy lampowych wysokiej klasy mając na celu poprawienie jakości dźwięku implementują nowe rozwiązania pochodzące z techniki tranzystorowej, takie jak: układy różnicowe, układy kaskodowe, źródła prądowe, aktywne obciążenia, stałoprądowe sprzężenia, czy też beztransformatorowe układy wyjściowe. Nie zawsze jednak tego typu zabiegi przynoszą zamierzony skutek lub też efekty wiążą się ze zbyt dużym skomplikowaniem układu, co przemawia za stosowaniem „zdrowego” kompromisu. Prawdziwi „koneserzy” wysokiej jakości dźwięku są wierni wzmacniaczom historycznie najstarszym, tzn. takim, w których stopień wyjściowy stanowi pojedyncza trioda pracująca w klasie A, najlepiej typu 300B opracowana w latach trzydziestych ubiegłego wieku w USA. Wzmacniacze te są budowane jako tzw. „monobloki” – oddzielny wzmacniacz dla każdego kanału dźwiękowego.

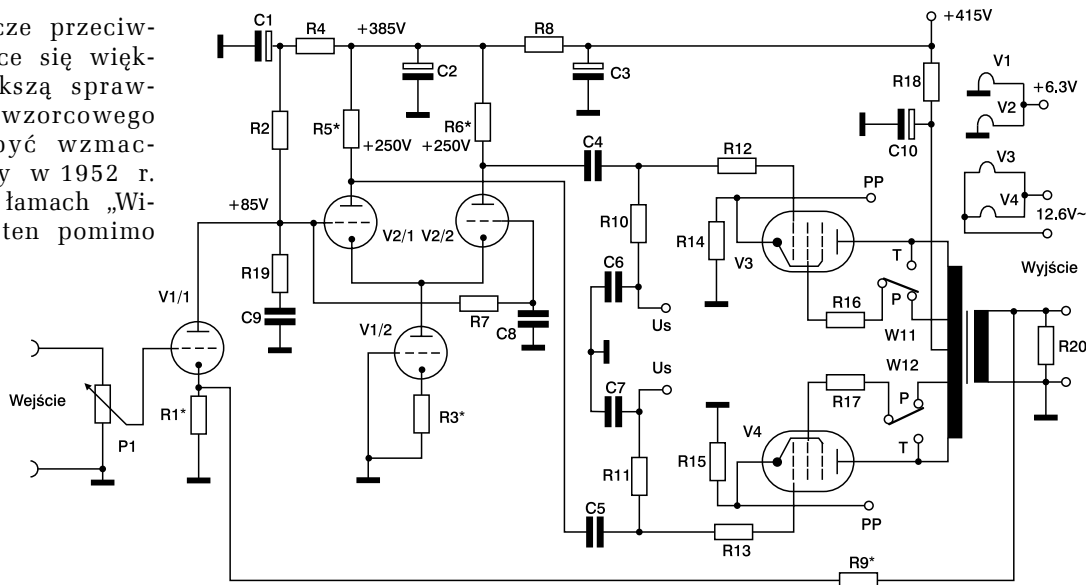
Opis budowy i działania

Każdy kanał opisanego wzmacniacza jest zbudowany z trzech niezależnych bloków:

- wzmacniacza wstępnego,
- inwertera fazy,
- przeciw-sobnego stopnia końcowego.

Oba kanały są zasilane ze wspólnego zasilacza o dużej wydajności, co ma szczególnie duże znaczenie dla poprawnego odtwarzania silnych sygnałów.

Schemat elektryczny wzmacniacza został pokazany na rys. 1. Sygnał akustyczny z wejścia wzmacniacza poprzez potencjometr P1 zo-



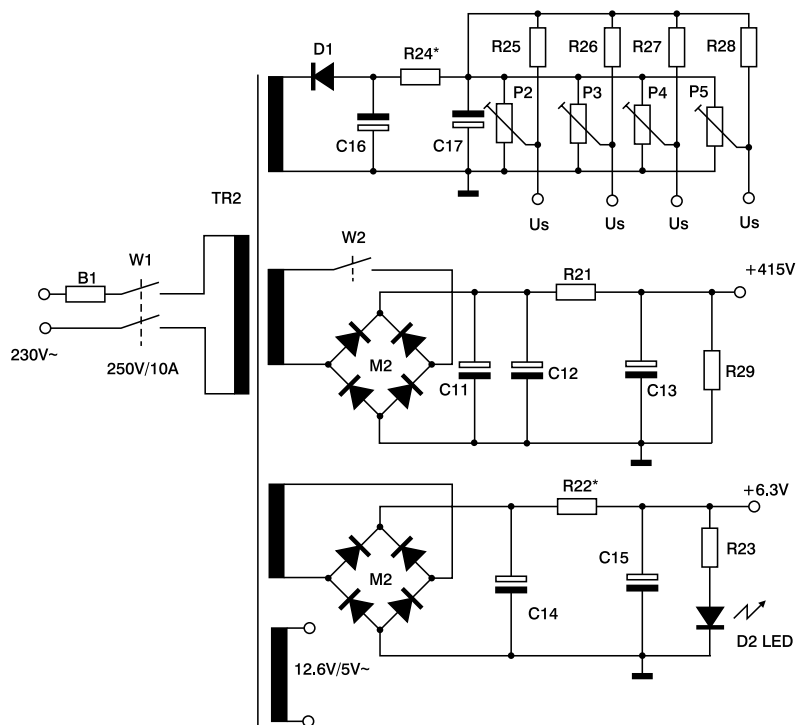
Rys. 1. Schemat elektryczny wzmacniacza

staje podany bezpośrednio na siatkę pierwszej triody lampy V1. Wzmocniony sygnał z anody poprzez galvaniczne połączenie trafia do siatki inwertera zbudowanego na lampie V2. Rozwiązanie takie pozwala na rezygnację z kondensatora sprzęgającego oba stopnie wzmocnienia. Zadaniem inwertera jest dostarczenie do siatek sterujących lamp wyjściowych V3 i V4 sygnałów o tych samych amplitudach, ale przesuniętych w fazie o 180°. Inwerter jest wykonany w układzie symetrycznym o sprzężeniu katodowym. Pomimo swojej prostoty układ inwertera zapewnia bardzo dobre parametry: posiada identyczną impedancję wyjściową obu gałęzi, charakteryzuje się małymi zniekształceniami przy stosunkowo dużym wzmocnieniu nie wykazując przy tym tendencji do wzbudzenia się. Zastosowanie zamiast rezystora katodowego źródła prądowego wykonanego na drugiej połówce lampy V1 pozwala na uzyskanie poprawy parametrów elektrycznych układu.

Wzmacniacz wstępny oraz inwerter są wykonane na lampach 6N8S (odpowiednik 6SN7). Lampy te często występują w stopniach sterujących wzmacniaczy akustycznych wysokiej jakości. Możliwe jest również zastosowanie innych np. 6N6P, 6N1P, E188CC lub ECC88. Zasilanie opisanych stopni odbywa się ze źródła napięcia około 400 V, wynika to z konieczności zapewnienia dostatecznej amplitudy napięcia sterującego, a także umożliwia uzyskanie dużej liniowości tych stopni.

Wzmocnione i odwrócone w fazie sygnały poprzez kondensatory C4 i C5 trafiają do przeciw-sobnego stopnia końcowego zbudowanego w oparciu o lampy V3 i V4. Są to bardzo dobre militarne tetrody strumieniowe typu GU50. Lampy te nie tylko mają dobre parametry, ale charakteryzują się ciekawym wyglądem, szczególnie po zdjęciu aluminiowego kapturka. Stopień końcowy jest zasilany napięciem około 425 V. Ze względu na konieczność precyzyjnej regulacji prądów spoczynkowych lamp końcowych i zapewnienie braku strat mocy na rezystorach katodowych (około kilku watów w układzie z automatyczną polaryzacją), został wybrany układ stałej polaryzacji siatek sterujących z oddzielnego źródła napięcia ujemnego. Uzyskanie prawidłowej symetrii prądów spoczynkowych jest istotne ze względu na eliminację przydźwięku 100 Hz oraz uniknięcie magnesowania się rdzenia transformatora wyjściowego, które powoduje wzrost zniekształceń nieliniowych dla niskich częstotliwości sygnałów, szczególnie poniżej 100 Hz.

Wzmocniony w stopniu końcowym sygnał poprzez symetryczny transformator wyjściowy trafia do obciążenia. Zadaniem wyjściowego transformatora, oprócz przeniesienia energii i złożenia obu „połówek sygnału”, jest dopasowanie wysokiej impedancji wyjściowej lamp do niskiej impedancji obciążenia. Transformator wyjściowy to jeden z elementów, od którego parametrów w dużym stopniu zależy jakość dźwięku wzmacniacza.



Rys. 2. Schemat elektryczny zasilacza

Niskie zniekształcenia wzmacniacza zapewniają: lokalne ujemne sprzężenia zwrotne w obwodach katod wszystkich lamp, ogólne ujemne sprzężenie zwrotne łączące wyjście z katodą lampy stopnia wstępnego oraz ultralinearowy stopień wyjściowy. Lampy stopnia końcowego pracują z przekroczonym napięciem na siatce drugiej, jednakże w czasie dwuletniej intensywnej eksploatacji wzmacniacza nie zauważono ujemnych skutków tego rozwiązania. Bardzo niska cena lamp GU50 w pełni uzasadnia takie rozwiązanie, szczególnie gdy lampa pracuje przy niskim napięciu anodowym i dodatkowo rezystorami R16 i R17 ma zabezpieczone siatki drugiej przed przeciążeniem. Rezystory w katodach lamp końcowych o wartości

1 Ω oprócz niewielkiego ujemnego sprzężenia zwrotnego pozwalają na pomiar prądu lamp podczas uruchamiania i regulacji układu (poprzez pomiar spadku napięcia – 1 mV odpowiada 1 mA prądu lampy).

Ciekawym, aczkolwiek bardzo prostym dodatkiem (wykonywanym opcjonalnie) jest możliwość przełączania układu pracy stopnia końcowego z ultralinearnego układu pentodowego na układ triodowy, co daje ciekawe możliwości eksperymentowania szczególnie przy wyborze odpowiednich kolumn dźwiękowych.

Zasilacz, którego schemat elektryczny przedstawiono na rys. 2 jest wykonany w sposób konwencjonalny. Dostarcza on napięcie anodowych, ujemnego napięcia polaryzacji stopnia końcowego oraz napięcie żarzenia: zmiennego dla lamp końcowych i stałego dla lamp stopni wstępnych. Dokładne dane napięć i wydajności prądowe zasilacza podano w tab. 1.

Dobrą filtrację oraz „sztywność” napięcia wyjściowego zapewniają duże wartości pojemności na wyjściu układów prostowniczych. Zasilacz jest zabezpieczony przed skutkami zwarcia bezpiecznikiem topikowym. Napięcie anodowe należy załączać z opóźnieniem ok. 1 minuty (wyłącznik W2), co pozwala na ochronę katod lamp końcowych. Można też wykonać układ opóź-

nionego startu z „timerem” i przekaźnikiem. Zasilanie stopni sterujących odbywa poprzez szeregowe rezystory blokowane do masy kondensatorami. Rozwiązanie takie odseparowuje od siebie poszczególne stopnie wzmocnienia zapobiegając wzbudzeniom, a także poprawia filtrację zmniejszając przydźwięk sieci. Do dalszego obniżenia przydźwięku przyczynia się żarzenie lamp stopni sterujących prądem stałym.

Pentoda i trioda w stopniu końcowym wzmacniacza

Pentody pracujące w stopniach końcowych cechują się dużą sprawnością, wymagają mniejszych napięć sterujących, mają nieznacznie gorszą liniowość w porównaniu do triod i stosunkowo dużą impedancję wyjściową. Triody w stopniach końcowych charakteryzują się natomiast mniejszą sprawnością energetyczną i wymagają większych napięć sterujących, ale mają małe impedancje wyjściowe, co jest korzystne ze względu na współpracę z obciążeniem o tak złożonej impedancji, jaką cechuje się układ transformator – głośnik. Oczywiście szczegółowe opisanie powyższego zagadnienia wybiegałoby poza ramy niniejszego opracowania, dlatego wszystkich odsyłam do odpowiedniej literatury.

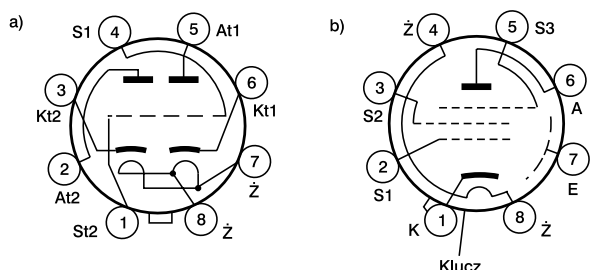
Podstawowe parametry lampy GU50, których znajomość jest niezbędna przy budowie wzmacniacza przedstawiono w tab. 2.

Uzyskanie dobrych parametrów wzmacniacza jest w dużym stopniu uzależnione od właściwego doboru impedancji obciążenia lamp GU50 stanowiących przeciwobny stopień końcowy. Zgodnie z danymi uzyskanymi z innych rozwiązań wzmacniaczy przyjęto dla jednej lampy $R_a \approx 2500 \Omega$.

Dla układu przeciwobnego złożonego z dwóch lamp GU50 rezystancja między anodami wynosi $R_{aa} = 2 \times R_a$, czyli $R_{aa} = 5000 \Omega$. Jeżeli lampy będą pracowały w konfiguracji

Tab. 1 Parametry techniczne zasilacza (napięcia podane pod obciążeniem)		
Obwody	Napięcie	Wydajność prądowa
Anodowe stopni sterujących	+385 V	50 mA
Anodowe stopni końcowych	+425 V	400 mA
Polaryzacji stopni końcowych	-90 V	10 mA
Żarzenia stopni sterujących	+6,3 V	2,5 A
Żarzenia stopni końcowych	~12,6 V	5 A

Tab. 2. Podstawowe parametry lampy GU50	
Napięcie żarzenia – $U_{\text{ż}}$	12,6 V
Prąd żarzenia – $I_{\text{ż}}$	0,85 A
Maksymalny prąd anodowy – $I_{a \text{ max}}$	160 mA
Maksymalne napięcie anodowe – $U_{a \text{ max}}$	1000 V
Maksymalna moc tracona w anodzie – $P_{a \text{ max}}$	40 W



Rys. 3. Cokół lampy a) 6N8S, b) GU50

cji triodowej, to wartość ta powinna być niższa – należałoby w tym celu wykonać odpowiednie obliczenia.

W opisanym wzmacniaczu transformator został wykonany dla układu pentodowego, możliwość przełączenia w układ triodowy jest tylko dodatkową opcją pracy wzmacniacza i w tym przypadku godzimy się na nieco większe zniekształcenia przy uzyskaniu poprawy charakterystyki fazowej i częstotliwościowej układu.

Transformator sieciowy i wyjściowy

Istnieje możliwość wykonania transformatorów we własnym zakresie. W warunkach amatorskich trudno będzie jednak uzyskać dobre ich parametry, wskazane jest zatem zlecenie nawinięcia w specjalistycznym zakładzie. Firmy wykonujące takie usługi posiadają specjalistyczne oprogramowanie i są w stanie precyzyjnie obliczyć każdy transformator. Istotne jest dokładne określenie parametrów technicznych, które posłużą do obliczeń. W rozwiązaniu modelowym wszystkie transformatory wykonano jako toroidalne. Dane techniczne transformatora sieciowego przedstawiono w **tab. 3**.

Z założeń wynika że transformator będzie miał z lekkim zapasem moc około 300 VA. Przy zamawianiu transformatora należy podkreślić, że napięcia są podane przy pełnym obciążeniu.

Dane techniczne transformatora wyjściowego przedstawiono w **tab. 4**.

Tab. 3. Dane techniczne transformatora sieciowego	
Napięcie uzwojenia pierwotnego U1	230 V
Napięcia i prądy uzwojeń wtórnych	
U2	330 V/0,6 A
U3	100 V/10 mA
U4	12,6 V/5 A
U5	6,3 V/3 A

Pomimo znacznie mniejszej mocy, transformator wyjściowy będzie miał podobne do transformatora sieciowego wymiary zewnętrzne. Wynika to z konieczności dobrego przenoszenia niskich częstotliwości oraz zapewnienia małych zniekształceń sygnału. Przy zamawianiu transformatora należy uwzględnić fakt, że jest on przeznaczony do wzmacniacza przeciwsobnego.

Opis budowy mechanicznej i elektrycznej

Obudowę wzmacniacza wykonano z blachy aluminiowej o grubości 2 mm w formie „pudełka” – podstawy z nakładaną od góry pokrywą. Podstawa stanowi element montażowy podzespołów wzmacniacza. Oba te elementy połączone za pomocą wkrętów. Taka konstrukcja dzięki swojej prostocie umożliwia łatwe wykonanie obudowy, zapewniając jednocześnie dobre parametry techniczne i mechaniczne, dużą podatność na modyfikację oraz estetykę wykonania. Boczne ściany obudowy mogą być oklejone szlachetnym drewnem, co podniesie walory estetyczne wzmacniacza. Do obudowy przymocowano transformatory, podstawki lampowe, łączówki i pozostałe większe elementy elektroniczne. Montaż elektryczny wzmacniacza w rozwiązaniu modelowym wykonano na płytkach drukowanych. Zaleca się jednak montaż przestrzenny na oddzielnych płytkach montażowych, zachowując zasadę możliwie jak najkrótszych połączeń. Szczególną uwagę należy poświęcić prowadzeniu masy, która powinna być wykonana grubym przewodem i powinna być podłączona do obudowy tylko w jednym miejscu, najlepiej

w pobliżu zasilacza. Należy unikać zamykania pętli masy, dlatego szczególnie istotne jest dobre odizolowanie od obudowy takich elementów jak gniazda i kondensatory elektrolityczne. Przewody sygnałowe należy prowadzić w oddaleniu od przewodów silnopiędowych i transformatorów.

Montaż, uruchomienie i regulacja

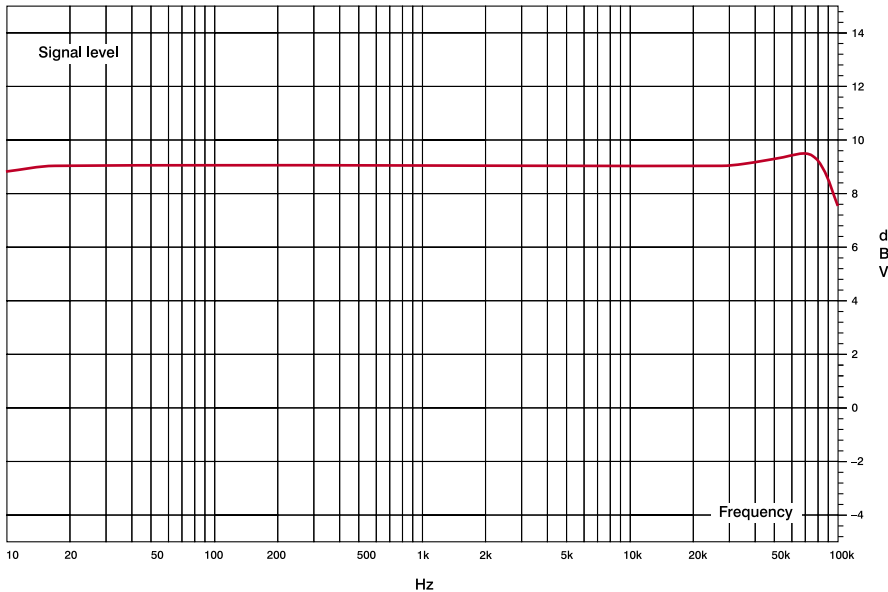
Montaż i uruchomienie wzmacniacza należy wykonywać etapami. Pracę rozpoczynamy od zasilacza. Po wykonaniu jego montażu, sprawdzeniu poprawności połączeń i założeniu bezpiecznika sieciowego możemy podłączyć zasilanie 230 V.

UWAGA! Ze względu na występowanie w układzie wzmacniacza wysokich napięć należy zachować szczególną ostrożność i przestrzegać przepisów BHP. Każdorazowo po wyłączeniu zasilania należy odczekać kilka minut, aż do całkowitego rozładowania się kondensatorów elektrolitycznych przed przystąpieniem do dalszych prac.

Napięcia zmierzone przy braku obciążenia powinny być nieco większe od napięć podanych w tab. 1. Następnie przystępujemy do montażu i uruchomienia stopnia sterującego, inwertera oraz stopnia końcowego (na przykładzie jednego kanału). Po wykonaniu montażu wkładamy do podstawek lampy V1 i V2, włączamy zasilanie i po nagraniu się lamp mierzymy napięcia stałe występujące na elektrodach lamp. Powinny być one zgodne z napięciami podanymi na schemacie elektrycznym wzmacniacza. Ewentualną korektę napięć przeprowadzamy dobierając rezystory R1 i R3 oznaczone gwiazdką. Napięcie ujemne doprowadzane do siatek sterujących lamp końcowych ustawiamy przy pomocy potencjometrów P2 i P3 na wartość około 70 V. Wyłączamy zasilanie. Do wyjścia wzmacniacza (zaciski transformatora wyjściowego) podłączamy obciążenie 8 Ω/40 W (np. 20 rezystorów 160 Ω/2 W połączonych równolegle), oscyloskop i woltomierz napięcia zmiennego. Odłączamy rezystor R9 (gałąź ujemnego sprzężenia zwrotnego), wkładamy do podstawek lampy końcowe V3 i V4. Włączamy zasilanie i po nagraniu się lamp ustawiamy wstępnie przy pomocy potencjometrów P2 i P3 prądy spoczynkowe lamp końcowych na wartość około 30 mA dla każdej lampy.

Tab. 4. Dane techniczne transformatora wyjściowego

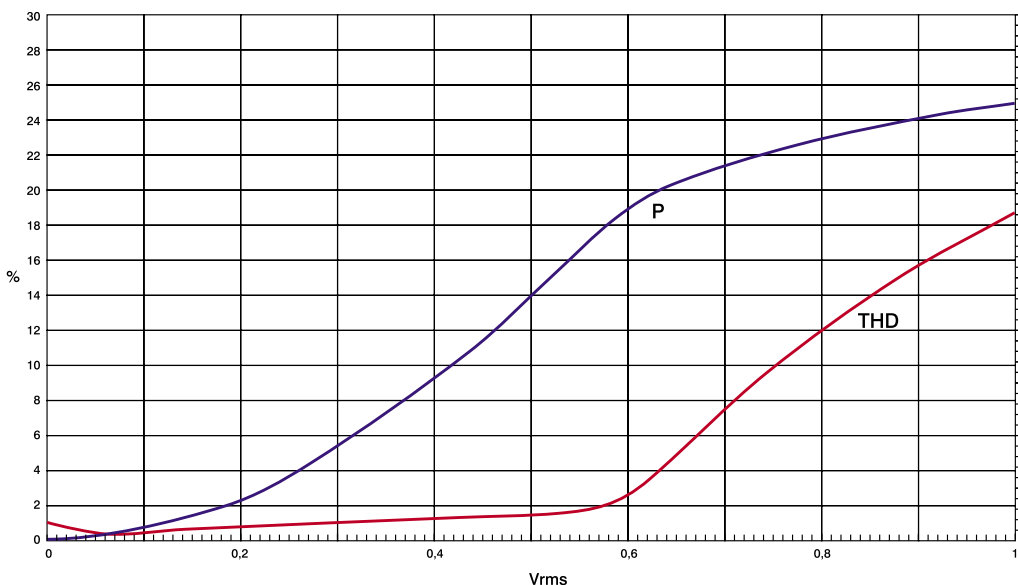
Maksymalna moc przenoszona – Pwy	50 W
Dolna częstotliwość sygnału przy spadku 1 dB – fd	20 Hz
Górna częstotliwość sygnału przy spadku 1 dB – fg	30 kHz
Oporność widziana od strony anod – Raa	5000 Ω
Oporność obciążenia – Ro	4, 8 lub 15 Ω
Spoczynkowy prąd jednej lampy – Io	40 mA



Rys. 4. Charakterystyka przenoszenia wzmacniacza dla mocy wyjściowej 1 W bez dwójnika korekcyjnego R19 – C9, dla układu pentodowego stopnia końcowego

Pomiar wykonujemy mierząc spadki napięć na rezystorach R14, R15. Następnie do wejścia wzmacniacza (potencjometr P1) doprowadzamy z generatora m.cz sygnał o częstotliwości 1 kHz i stopniowo zwiększamy jego poziom. Sinusoidalna moc na wyjściu wzmacniacza mierzona na obciążeniu powinna wynosić około 30 W (16 V na 8 Ω). Następnie po upływie około 30 minut korygujemy (bez wysterowania) prądy spoczynkowe lamp końcowych na wartość około 35 mA. Ustawiony punkt pracy to klasa AB, przy której dla małych sygnałów lampa pracuje w klasie A, czyli wzmacnia obie połówki sygnału, natomiast dla

większych sygnałów następuje obciążenie jednej z połówek. W naszym wzmacniaczu nie jest to źródłem zniekształceń, gdyż w układzie przeciwobnym następuje „złożenie” obu połówek sygnału w transformatorze wyjściowym. Bardzo istotną sprawą mającą wpływ na końcowe parametry wzmacniacza jest zastosowanie w stopniu końcowym lamp parowanych, tzn. o bardzo zbliżonych parametrach elektrycznych. Dobór należy przeprowadzić przy pomocy przyrządu do pomiaru lamp np. typu P508 lub wykorzystując miernik lamp opisany w EP 10/2005. Należy tak dobrać lampy, aby różnice ich podstawowych parametrów nie prze-



Rys. 5. Charakterystyka mocy wyjściowej i zniekształceń w zależności od napięcia wyjściowego bez dwójnika korekcyjnego R19 – C9, dla układu pentodowego stopnia końcowego

kraczały 10%. Dodatkowo poprzez dobór jednego z rezystorów R5 lub R6 ustawiamy symetrię sygnału sterującego lampy stopnia końcowego.

Na zakończenie należy podłączyć obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego (rezystor R9), w przypadku wzbudzenia się wzmacniacza należy zamienić ze sobą końcówki wyjściowe transformatora głośnikowego TR2. Tak wykonany i wyregulowany wzmacniacz jest gotowy do pracy.

Pomiar podstawowych parametrów elektrycznych

Pomiary podstawowych parametrów wzmacniacza wykonano wykorzystując typowy zestaw urządzeń takich jak: generator m.cz., miernik zniekształceń nieliniowych, sztuczne obciążenie 8 Ω/50 W, oscyloskop dwukanałowy oraz – dzięki uprzejmości Zakładu Akustyki Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej – system „Audio Precision” – stanowiący wysokiej jakości stanowisko pomiarowe

„Audio Precision” to specjalistyczny zestaw urządzeń pomiarowych, które współpracują z komputerem wyposażonym w odpowiednie, dedykowane oprogramowanie pozwalające na obróbkę i wizualizację wybranych parametrów wzmacniacza. W czasie pomiarów wzmacniacz był obciążony specjalnym pomiarowym rezystorem wzorcowym, sterowanie odbywało się sygnałami z systemu, natomiast wyniki pomiarów były zobrazowane na ekranie komputera. System „Audio Precision” zastępuje wiele przyrządów pomiarowych, znacznie przyspiesza

pomiary i pozwala na uzyskanie bardzo miarodajnych wyników pomiarowych. W przypadku opisanego w artykule wzmacniacza przedmiotem badań ze względu na jakość dźwięku były następujące parametry:

- sinusoidalna moc wyjściowa wzmacniacza,
- charakterystyka przenoszenia dla mocy 1 W,
- zniekształcenia nieliniowe.

Badane były oba kanały wzmacniacza w układzie pracy pentoda lub trioda. Wyniki otrzymane w systemie Audio Precision zostały przedstawione w ramce „Podstawowe parametry”. Pomiary były

wykonane przy zamkniętej pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego

Uwagi końcowe

Wykonany przez autora wzmacniacz współpracują z odtwarzaczem płyt kompaktowych i specjalnie skonstruowanymi dla niego kolumnami typu „Horn”, zapewniając bardzo przyjemne doznania dźwiękowe. Uzyskane rezultaty w pełni potwierdzają zasadność budowy wzmacniacza, przynosząc zadowolenie autorowi i użytkownikowi. Słuchacze szczególnie cenili przyjemną i naturalną barwę dźwięku oraz bardzo dobrą rozdzielczość sceny akustycznej. Przeprowadzono również próby zastosowania w stopniu końcowym lamp typu EL34. Uzyskano znacznie lepsze parametry szczególnie dotyczące poziomu zniekształceń – przy bardzo starannym doborze lamp stopnia końcowego i ustawieniu prądu spoczynkowego na około 60 mA dla każdej lampy oraz wymianie lamp stopni sterujących na E188CC – uzyskano zniekształcenia dla 1 kHz na poziomie 0,2% przy 35 W mocy wyjściowej. Oczywiście tego typu zamiana zwiększa koszty wzmacniacza, dlatego na początek autor proponuje tańszą wersję.

Stanisław Maleczek
stanmal@op.pl

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(moc 2 W jeśli nie podano inaczej)

R1*: 820 Ω dobierany
R20: 100 Ω
R2: 100 kΩ
R18, R21: 10 Ω drutowy 5 W
R3*: 470 Ω dobierany
R22*: 0,68 Ω/5 W dobierany
R4: 24 kΩ
R8, R23, R24: 1 kΩ
R5*, R6*: 51 kΩ dobierane
R25...R28: 220 kΩ/0,5 W
R7: 1 MΩ
R29: 220 kΩ równolegle dwie sztuki
R9*: 33 kΩ dobierany
R10, R11: 100 kΩ 0,5 W
R12, R13, R16, R17: 120 Ω 0,5 W
R14, R15: 1 Ω
R19: 10 kΩ/0,5 W
P1: 50...100 kΩ potencjometr wykładniczy lub liniowy
P2...P5: 220 kΩ rezystor nastawny

Kondensatory

C1: 22 μF/450 V
C11...C13: 470 μF/450 V
C2, C3, C10: 150 μF/400 V
C14: 47000 μF/10 V
C4, C5: 0,47 μF/630 V najlepiej polipropylenowy

C15: 4700 μF/10 V
C6, C7: 0,1 μF/160 V
C16, C17: 220 μF/160 V
C8: 0,47 μF/630 V
C9: 300 pF/400

Lampy

V1, V2: 6N8S
V3, V4: GU50

Półprzewodniki

D1: 1N4007
D2: LED np. zielona o średnicy 5 mm
M1...M2: mostek prostowniczy 10 A/1000 V

Inne

TR1, TR2: transformatory wg opisu
B1: bezpiecznik 4 A zwłoczny
W1, W2, W11, W12: wyłączniki 250 V/10 A
podstawki lampowe typu octal
podstawki lampowe do lamp GU50
Oprawka bezpiecznika
Kabel sieciowy z wtyczką
gniazda typu „Cinch”
zaciski „głośnikowe”

UWAGA: Wykaz elementów dotyczy jednego kanału wzmacniacza i wspólnego dla obu kanałów zasilacza

R E K L



**PRECYZYJNE
REZYSTORY METALIZOWANE**

Rezystancje od 0,3 Ω do 10 MΩ
Tolerancje od 0,01% do 0,5%

elpod
POLSKI
PRODUCENT

30-716 Kraków
ul. Przewóz 34
tel. 012 410-25-50 do 51
fax 012 410-25-52

http://www.elpod.com.pl e-mail: biuro@elpod.com.pl

Oferujemy ponadto: Rezystory SMD 0805 oraz 1206 10Ω do 1MΩ
Tolerancje 0,1%; 0,25%; 0,5%; 1%
TWR 10, 25, 50 ppm/K

A M A



EBS
Ink Jet Systems

Renomowany producent
drukarek INK-JET
oferuje wysokiej klasy

**Aktywny detektor podczerwieni
do zastosowań w układach
automatyki i zabezpieczeń**

małe wymiary budowy (M18x1)
duża odporność na zakłócenia
wbudowany wskaźnik zadziałania
wyjście odporne na zwarcie
wykonania PNP, NPN

EBS Ink- Jet Systems Poland Sp. z o.o.
ul. Tarnogajska 13, 50-512 Wrocław
tel. (071) 367 04 11, fax (071) 373 32 69

**czytaj
książki.ep.com.pl**