

# Tani wzmacniacz lampowy o mocy 25 W

**AVT  
5446**

*W przeciwieństwie do opisywanych wcześniej wzmacniaczy opartych na drogich triodach mocy, w projekcie zastosowano tanie, łatwo dostępne lampy „śmieciowe”. Wzmacniacz ma dużą moc wyjściową, co umożliwia współpracę ze współczesnymi zestawami głośnikowymi o średniej skuteczności. Projekt jest kontynuacją wątku o wzmacniaczu z tanimi lampami zapoczątkowanego na forum trioda.pl.*

**Rekomendacje:** wzmacniacz może być ciekawym uzupełnieniem domowego zestawu audio lub współpracować z instrumentami muzycznymi.



Przedstawiona konstrukcja wykorzystuje przeciwny stopień wyjściowy z lampami EL36 (częściej stosowane w końcówkach mocy odchylenia w starych odbiornikach telewizyjnych, niż w stopniach audio) oraz klasyczny, jednostopniowy wzmacniacz napięciowy i odwracacz z dzielonym obciążeniem z lampą ECF82 (odpowiednik amerykańskiej 6GH8). Konstrukcja jest wzorowana na klasycznych amplitunerach Sansui 1000 i SM-80, opartych o żarzone szeregowo PL36 (odpowiednik EL36) oraz rzadko stosowaną w Europie lampę 6AN8 (lampa podwójna trioda/pentoda), stosowaną także we wzmacniaczach Dynaco MK-IV, MK-VI oraz w popularnym i cenionym ST-70.

Taka obsada lamp umożliwia wykonanie nieskomplikowanego elektrycznie wzmacniacza o mocy 25...30 W/8 Ω, pracującego w konfiguracji *push-pull*, z przeciwnymi elementami wzmacniającymi. Konstrukcyjne wzmacniacz zaprojektowano w formie monobloku. Wszystkie elementy wzmacniacza i zasilacza – oprócz transformatorów głośnikowego i zasilającego – mieszczą się na jednej płytce drukowanej. Schemat ideowy wzmacniacza pokazano na **rysunku 1**.

## Zasada działania

Sygnal wejściowy z gniazda J1 jest doprowadzony do części pentodowej V1-ECF82 (na schemacie jest zaznaczona jako tetroda, ponieważ katoda jest połączona z siatką trzecią wewnątrz lampy) wzmacniacza wstępnego. Rezystor R1 zamyka obwód polaryzacji, natomiast R2 przeciwdziała wzbudzeniu się. Stopień pracuje z polaryzacją automatyczną uzyskiwaną za pomocą rezystora R4. Do katody lampy jest doprowadzony sygnał globalnego sprzężenia zwrotnego poprzez rezystory R5 i R29 oraz kondensator C1. Regulowany dzielnik napięcia Ug2 złożony z rezystorów R6, R7 i potencjometru RV1 umożliwia takie dobranie punktu pracy V1, aby zniekształcenia wzmacnianego sygnału były najmniejsze. Kondensator CE2 filtruje zasilanie siatki drugiej, natomiast C6 zapewnia stabilną pracę stopnia.

Wzmocniony sygnał poprzez rezystor R8 jest doprowadzony bezpośrednio do typowego odwracacza fazy z dzielonym obciążeniem wykonanego na triodzie lampy V1. Dalej już, typowo, poprzez kondensatory sprzęgające jest doprowadzony do siatek sterujących lampy mocy V2 i V3. Stopień wyjściowy pracuje z polaryzacją stałą, napięcie ujemne siatek pierwszych pochodzi z prostownika BR2 z filtrem zbudowanym na kondensatorach CE6 i CE7 oraz rezystorze R21. Potencjometry RV2 i RV3

## W ofercie AVT\* AVT-5446 A

### Podstawowe informacje:

- Zbudowany z użyciem lamp EL36, ECF82.
- Pracuje w konfiguracji *push-pull*.
- Moc wyjściowa 25 W przy obciążeniu 8 Ω.
- Pasma przenoszenia 20 Hz...20 kHz.
- Zniekształcenia nieliniowe THD+N < 2,5% przy pełnej mocy wyjściowej.
- Jednostronna płytka drukowana o wymiarach 156 mm × 81 mm.

### Dodatkowe materiały na FTP:

[ftp://ep.com.pl](http://ftp.ep.com.pl), user: 17630, pass: 5fare742

• wzory płytek PCB

### Projekty pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

- AVT-5396 Stereofoniczny wzmacniacz lampowy dla początkujących (EP 5/2013)
- AVT-5392 Wzmacniacz lampowy 300B SET (EP 4/2013)
- AVT-1719 Automatyka dla wzmacniacza lampowego (EP 1/2013)
- AVT-5365 Wzmacniacz lampowy 2×15 W z lampami 6C33C (EP 10/2012)
- AVT-5327 Lampowy wzmacniacz stereofoniczny (EP 1/2012)
- AVT-5289 Stereofoniczny wzmacniacz lampowy 2×10 W dla każdego (EP 5/2011)
- Projekt 193 Lampowy wskaźnikysterowania (EP 4/2011)

\* Uwaga: Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach: AVT xxxx UK to zaprogramowany układ, tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.  
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf  
AVT xxxx C to nic innego jak zmodyfikowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu)  
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można pobrać, klikając w link umieszczony w opisie kitu)  
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

## Wykaz elementów

## Rezystory:

R1, R12, R15: 330 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R2, R8, R13, R14: 2,2 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R3: 220 k $\Omega$ /1 W  
 R4: 1,2 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R5, R29: 22 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R6, R25: 390 k $\Omega$ /1 W  
 R7: 150 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R9: 15 k $\Omega$ /1 W  
 R10, R11: 39 k $\Omega$ /2 W  
 R16, R22, R23: 1,2 k $\Omega$ /1 W  
 R17, R18: 1 M $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R19, R20: 47 k $\Omega$  (SMD 1206, 1%)  
 R21: 10 k $\Omega$   
 R24: 2,2 k $\Omega$ /3 W  
 R26: 82 k $\Omega$ /1 W  
 R27, R28: 1  $\Omega$ /1 W  
 RV1: 220 k $\Omega$  (potencjometr montażowy  
 R=5 mm)  
 RV2, RV3: 47 k $\Omega$  (potencjometr montażowy  
 R=5 mm)

## Kondensatory:

C1: 18 pF (SMD 1206)  
 C2, C3: 100 nF/400 V (foliowy)  
 C4, C5: 100 nF/50 V (SMD 1206)  
 C6: 100 pF/400 V (ceramiczny)  
 CE1: 10  $\mu$ F/400 V (elektrolit. r=5 mm)  
 CE2: 1  $\mu$ F/400 V (elektrolit. r=5 mm)  
 CE3, CE4: 33...100  $\mu$ F/400 V (elektrolit.  
 SNAP D=20 mm, r=10 mm)  
 CE5: 220...330  $\mu$ F/400 V (elektrolit. SNAP  
 D=30 mm, r=10 mm)  
 CE6, CE7: 100  $\mu$ F/63 V (elektrolit. r=5 mm)

## Półprzewodniki:

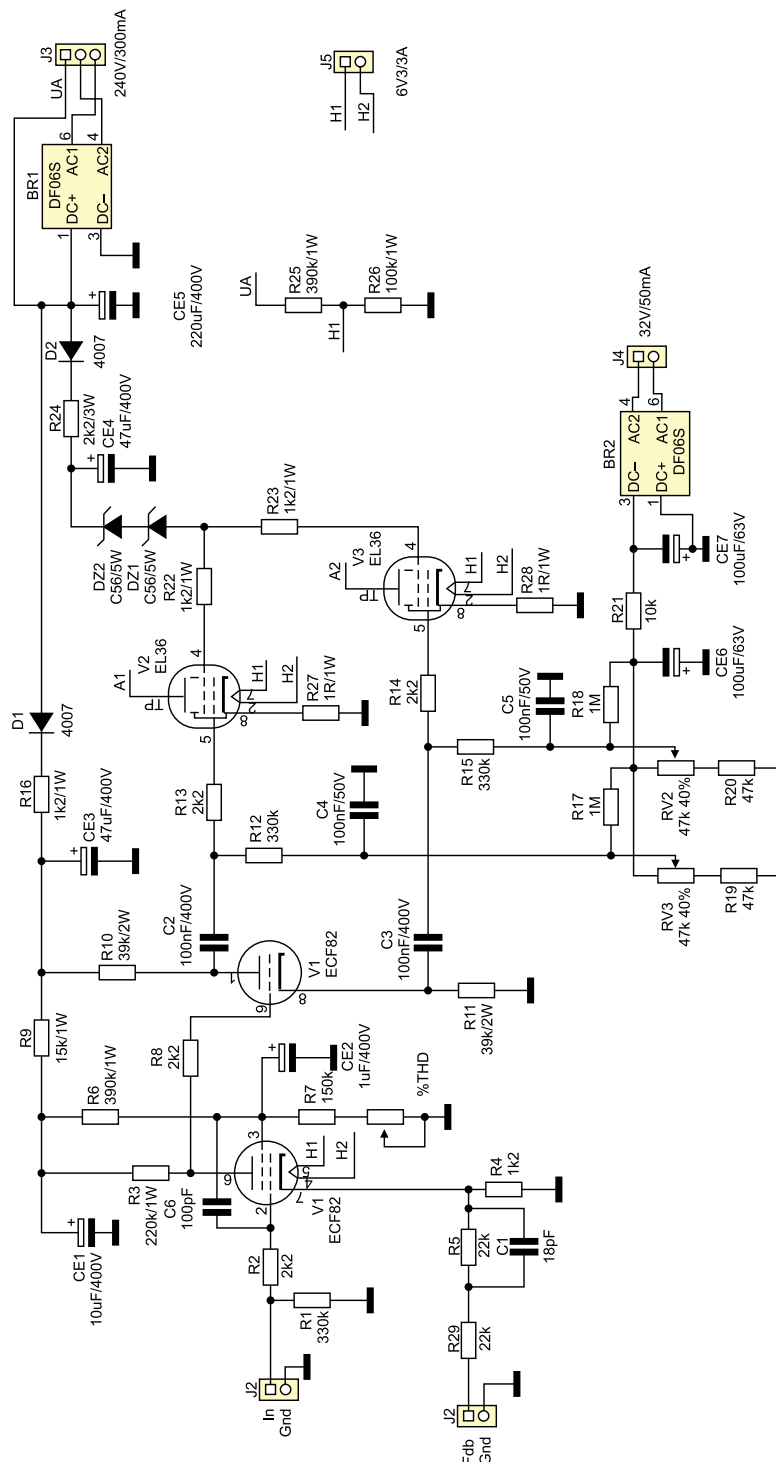
BR1, BR2: DF06S (mostek prostowniczy SMD)  
 D1, D2: LL4007 (dioda SMD)  
 DZ1, DZ2: C56/5 W (dioda Zenera 5 W)

## Inne:

J1, J2, J4: złącze ARK2/5 mm  
 J3: złącze ARK3/7,5 mm  
 J5: złącze ARK2/7,5mm  
 V1: ECF82 (lampa ECF82 + podstawka noval  
 do druku)  
 V2, V3: EL36 (lampa EL36 + podstawki octal  
 do druku + kapturki)

umożliwiają ustawienie punktu pracy końcówki. Kondensatory C5 i C6 dodatkowo odspzęgają napięcie Ug1 lamp mocy.

Napięcie anodowe jest otrzymywane z prostownika BR1 z filtrem na kondensatorze CE5. Do zasilania stopnia wstępnego i odwracacza napięcie jest dodatkowo filtrowane poprzez kondensatory CE3 i C1 oraz rezystory R6 i R9. Dioda D1 zmniejsza wpływ zmian napięcia anodowego na stopień wstępny. Napięcie siatek drugich również jest filtrowane za pomocą rezystor R26, pojemności CE4 i diody D2 oraz obniżane do wymaganej wartości poprzez diody Zenera DZ1 i DZ2 o mocy 5 W. Rezystory R22 i R23 przeciwdziałają wzbudzeniu się obwodu. Rezystory R27 i R28 umożliwiają pomiar prądu końcówki oraz jego dokładną regulację. Rezystory R25 i R26 ustalają potencjał żarzenia na wartość bezpieczną dla grzejnika V1. Zmienne napięcia anodowe, żarzenia i siatki pierwszej są otrzymywane z transformatora toroidalnego o mocy 100 VA. Model pracuje z transformatorem głośnikowym o  $R_{aa}=3...4$  k $\Omega$ ,  $P_{wy}>30$  W,  $I_a>100$  mA (np.



Rysunek 1. Schemat ideowy wzmacniacza EL36PP

LO-PP-80/1 lub podobny) i wymaganej rezystancji obciążenia.

## Montaż

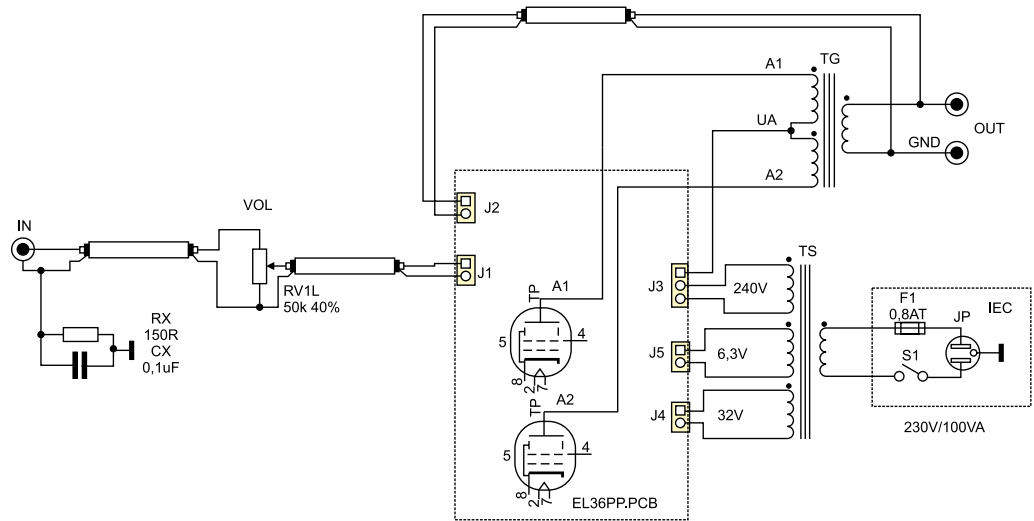
Wzmacniacz jest zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej, rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 2**. Wykonując samodzielnie płytkę drukowaną warto zastosować nieco grubszy laminat ze względu na obciążenia termiczne i mechaniczne płytki.

Płytką ma sporo otworów wentylacyjnych, aby ułatwić cyrkulację ciepła wokół lamp. W żadnym przypadku nie należy ich likwidować, a konstrukcja powinna zapewnić sprawną cyrkulację powietrza w obudo-

REKLAMA

Projekty na...  
**STM32**  
 www.stm32.eu  
 KAMAMI  
 life.augmented

wie. Montaż płytki nie wymaga opisu. Schemat montażowy wzmacniacza przedstawia rys. 2, a schemat montażowy monobloku pokazano na **rysunku 3**. Przewody toru sygnałowego powinny być ekranowane, doprowadzenia napięcie sieciowego 230 V AC, anod lamp i napięcia anodowego muszą mieć odpowiednią izolację, min. 600 V (można zastosować kawałki przewodów silikonowych z miernika). Przewody sieciowe muszą być w izolacji podwójnej, a połączenia żarzenia mieć przekrój minimalnie 1,5 mm<sup>2</sup>.



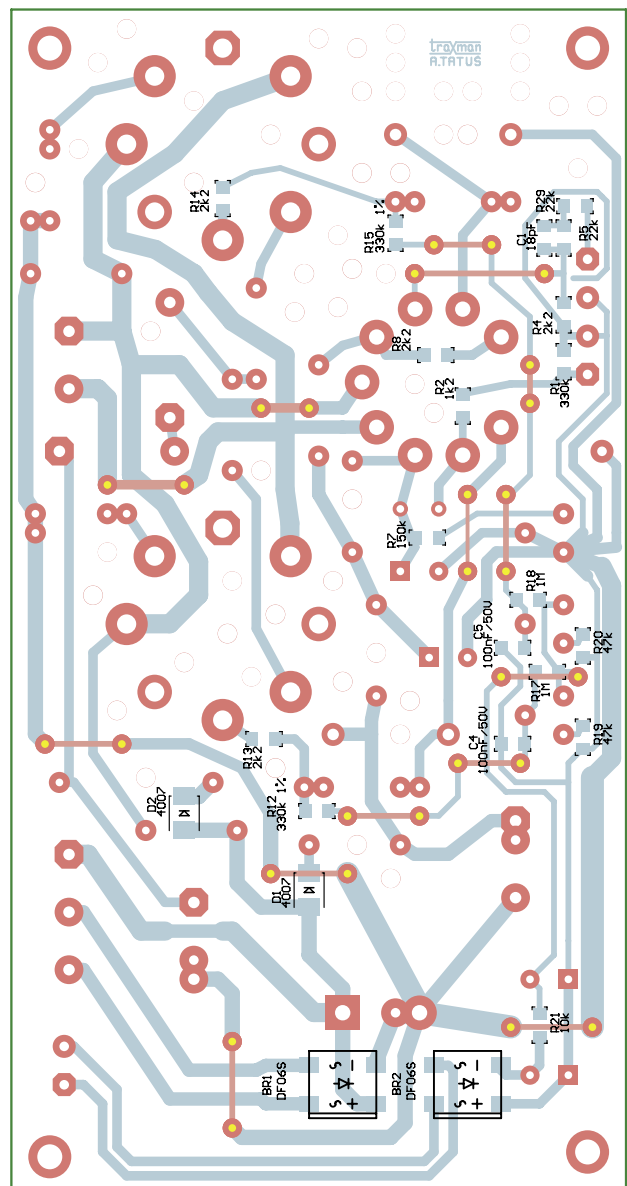
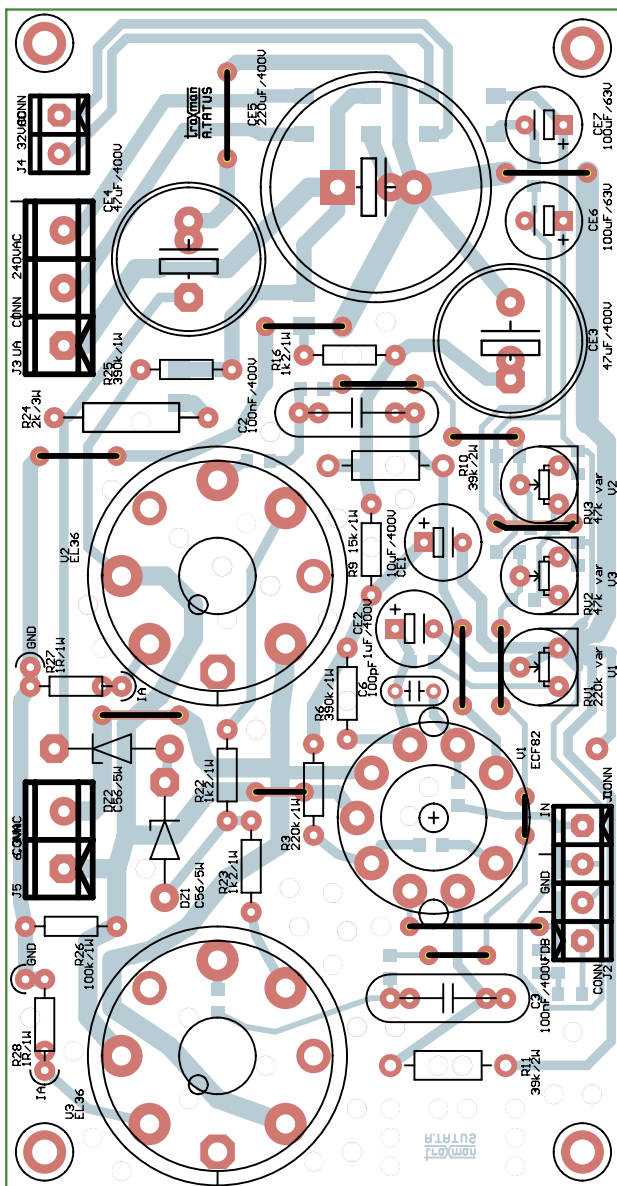
Rysunek 2. Schemat połączeń wzmacniacza EL36PP

**Uruchomienie**

Po kontroli wizualnej montażu i upewnieniu się o braku zwarc i prawidłowym rozmieszczeniu i połączeniu elementów, można przejść do uruchomienia wzmacniacza. Jeszcze raz dokładnie sprawdzamy

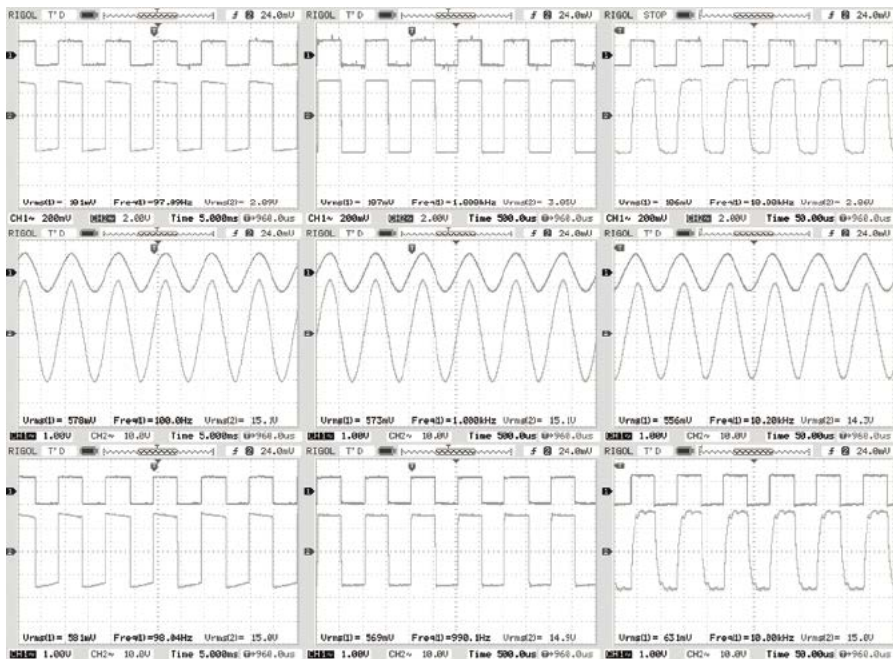
poprawność montażu, ponieważ w układach lampowych istnieje duże prawdopodobieństwo, że przy zwarciu lub innym błędzie montażowym, ze względu na wysokie napięcia i prądy, straty będą spore.

**Uwaga: we wzmacniaczu występują wysokie niebezpieczne dla życia napięcia oraz temperatura, uruchamianie należy przeprowadzić z zachowaniem szczególnej ostrożności!**



Rysunek 3. Schemat montażowy płytki wzmacniacza EL36PP





Rysunek 4. Przebiegi testowe we wzmacniaczu

Poprawnie zmontowany wzmacniacz wymaga regulacji. Przed pierwszym włączeniem, potencjometr głośności ustawiamy w położeniu środkowym i nie wkładamy lamp w podstawki. Jeżeli dysponujemy autotransformatorem, to warto wykorzystać go podczas uruchamiania, stopniowo zwiększając napięcie zasilania do wartości znamionowej. We wzmacniaczu powinny pojawić się napięcia żarzenia ok. 6,3 V AC mierzone bezpośrednio pomiędzy pinami 2 i 7 podstawek lamp mocy oraz 320...350 V DC napięcia anodowego na wyprowadzeniach transformatorów głośnikowych względem masy. Napięcia siatek powinny być niższe o 110...120 V od napięcia anodowego. Ujemne napięcia polaryzacji powinny dać regulować się w zakresie -35...-25 V – ustawiamy je potencjometrami RV2 i RV3 na największe możliwe napięcie ujemne, natomiast suwak RV1 ustawiamy w położeniu środkowym. Jeżeli nic nie budzi naszych wątpliwości, możemy wzmacniacz wyłączyć i odczekać do zaniku napięć zasilających.

Przed montażem lamp w podstawkach warto sprawdzić ich sprawność i dobrać je w pary (V2/V3). Różnice emisji i nachyleń nie powinny przekraczać 10%. Podłączamy oscyloskop i sztuczne obciążenie 8 Ω/50 W do wyjść wzmacniacza, ustawiamy potencjometr głośności na minimum. Ponownie załączamy wzmacniacz już z zainstalowanymi lampami i sprawdzamy obecność napięcia żarzenia (6,3 V AC ± 10%), anodowego 320...360 V DC. Po 30-minutowym rozgrzaniu wzmacniacza ponownie sprawdzamy napięcia. Jeżeli wszystko jest w porządku, możemy przejść do regulacji prądów spoczynkowych. Na rezystorach katodowych ustawiamy spa-

dek 50 mV ( $I_a=50$  mA, można eksperymentować w przedziale 30...60 mA) dla każdej lampy z osobna, operację można powtórzyć kilkakrotnie.

Jeżeli podczas regulacji wzmacniacz wzbudzi się, należy po wyłączeniu wzmacniacza i rozładowaniu kondensatorów zamienić końcówki A1/A2 transformatora głośnikowego. Jeżeli nie dzieje się nic niepokojącego, a wartości prądów nie zmieniają się samoczynnie, do wzmacniacza podłączamy generator sinusoidalny i regulujemy napięcie wejściowe do uzyskania mocy 1 W. Potencjometrem RV1 ustawiamy punkt pracy V1 na najmniejsze zniekształcenia przebiegu. Oczywiście, jeżeli mamy miernik zniekształceń lub oscyloskop z FFT, to ustawienie może być znacznie dokładniejsze. Nie stanowi najmniejszego problemu, aby przy dobrej jakości transformatorze, poprawnie wyregulowanym wzmacniaczu uzyskać zniekształcenia THD+N < 2,5% przy 25 W/8 Ω i pasmo przenoszenia 20 Hz...20 kHz. W zależności od posiadanego transformatora wyjściowego można dobrać elementy sprzężenia zwrotnego (rezystory R4, R5 i R19, kondensator C1) dla uzyskania najlepszego kompromisu pomiędzy zniekształceniami i pasmem przenoszenia. Należy tylko pamiętać, aby zapewnić stabilność wzmacniacza. Konieczne jest to także, gdy transformator zaprojektowany jest na impedancję obciążenia różną od 8 Ω.

Przykładowe oscylogramy zmierzone w egzemplarzu modelowym pokazano na rysunku 4. Teraz pozostaje płytkę wzmacniacza zamontować w obudowie, dołączyć ją do zestawu audio i cieszyć się muzyką.

Adam Tatuś, EP

## CHEMIA DLA ELEKTRONIKI

- Preparaty myjąco-czyszczące
- Preparaty zabezpieczające
- Preparaty smarujące
- „Sprężone powietrze”
- Powłoki przewodzące



- Środki do mycia płytek drukow.
- Lakiery do zabezpieczania płytek
- Kleje i pasty termoprzewodzące
- Smary do kontaktów
- Żywice poliuretanowe i epoksydowe



- Silikony i zalewy ochronne
- Kleje i silikony uszczelniające
- Pasty i smary



SEMICON SP. Z O.O.  
ul. Zwolenska 43/43a, 04-761 Warszawa  
tel: 22 615 64 31, 22 615 73 71  
DZIAŁ USŁUG DLA ELEKTRONIKI  
ul. Ezopa 71a, 04-805 Warszawa  
tel: 22 612 67 92, 22 825 24 64, 22 615 27 05

