


**AVT
5365**

Wzmacniacz lampowy, stereofoniczny o mocy 2×15 W z lampami 6C33C

Opisany w Elektronice Praktycznej nr 12/2001 wzmacniacz z lampami 6C4C najlepiej sprawdza się z zestawami głośnikowymi o dużej skuteczności. Niestety, nie wszyscy miłośnicy lampowego brzmienia mają lub preferują takie głośniki i dlatego do współpracy ze współczesnymi zestawami jest potrzebny wzmacniacz o większej mocy. Przedstawiona konstrukcja jest oparta o lampy 6S33S, popularnie zwane „diablami”. Pozwalają one na osiągnięcie mocy wyjściowej 15 W, co umożliwi wysterowanie współczesnych zestawów głośnikowych o średniej efektywności.

Rekomendacje: wzmacniacz jest przeznaczony dla miłośników „lampowego brzmienia”, którzy mają doświadczenie w budowaniu układów elektronicznych zasilanych wysokim napięciem.

W konstrukcji wzmacniacza zastosowano 2 i 1/2 lampy na pojedynczy kanał. W stopniu wzmocnienia napięciowego pracuje połowka popularnej podwójnej triody małej mocy 12SL7, w stopniu drivera 12SN7, a w stopniu mocy żarzona pośrednio trioda 6C33C. Ze względu na wysokie ceny odpowiedników żarzonych z napięcia 6,3 V (6SN7, 6SL7) zdecydowałem się na zastosowanie ich wersji 12 V. Nie są one co prawda tak popularne, jak 6Sx7, ale można je nabyć bezproblemowo na zagranicz-

nych serwisach aukcyjnych. Przykładowy wygląd oraz rozmieszczenie wyprowadzeń lamp zaprezentowano na **rysunku 1**.

Taka obsada lamp umożliwia wykonanie nieskomplikowanego wzmacniacza o mocy 12...20 W pracującego w konfiguracji SE. Konstrukcyjnie wzmacniacz podzielono na cztery bloki: wzmacniacz wstępny, którego zadaniem jest wzmocnienie sygnału audio do poziomu wystarczającego do wysterowania lamp mocy 6S33S oraz bloku trzech zasilaczy z układami pomocniczymi.

Zasilacze dostarczają napięć anodowych dla końcówki mocy, przedwzmacniacza, napięcia żarzenia dla przedwzmacniacza (filtrowanego) oraz napięcia polaryzacji dla lamp mocy. Zasilacz jest wyposażony w układ opóźnionego załączania napięcia anodowego. Schemat ideowy wzmacniacza wstępnego pokazano na **rysunku 2**. Elementy kanału lewego mają oznaczenia zakończone literą L, kanału prawego literą R, natomiast elementy wspólne dla obu kanałów nie mają dodatkowych oznaczeń.

Sygnal wejściowy z gniazda RCA poprzez potencjometr regulacji głośności RV1L/R jest doprowadzony do złącza J1L/R płytki wzmacniacza wstępnego. Dalej, bez kondensatora separującego składową stałą (praktycznie wszystkie urządzenia mają separację na wyjściu, więc nie ma sensu jej powielać), jest podawany na siatkę sterującą triody V1, która pracuje w układzie polaryzacji automatycznej. Do wytworzenia napięcia ujemnego na siatce sterującej jest wykorzystywany spadek napięcia wywołowany na skutek przepływu prądu anodowego przez rezystor katodowy R4L. Rezystor antyparazytowy R2L zapobiega niepożądanym oscy-

lacom, R1L zamyka obwód siatkowy i zapobiega trzaskom w wypadku utraty kontaktu przez ślizgacz potencjometru regulacji głośności. Do obwodu katody V1 doprowadzono sygnał sprzężenia zwrotnego z wyjścia wzmacniacza. Rezystor R3L określa głębokość pętli sprzężenia, a włączony równolegle kondensator C1L kształtuje charakterystykę w zakresie sygnału o wyższej częstotliwości. Rezystor R6L z kondensatorem CE1L zapewniają dodatkowe filtrowanie zasilania stopnia wstępnego. Wzmocniony w pierwszym stopniu sygnał steruje poprzez kondensator sprzęgający C2L drugi stopień wzmacniacza z lampą V2L pracuje w układzie konfiguracji SRPP. Charakteryzuje się ona dużym wzmocnieniem napięciowym i niską rezystancją wyjściową umożliwiającą wysterowanie lampy mocy sygnałem o amplitudzie bliskiej 100 V oraz przeładowanie jej pojemności wyjściowej (która w 6C33C jest dosyć spora).

**W ofercie AVT*
AVT-5365 A**

Podstawowe informacje:

- Czulość przy mocy wyjściowej 15 W, obciążeniu 8 Ω i sygnale sinusoidalnym o częstotliwości 1 kHz = 900 mVrms.
- Pasmo przenoszenia przy mocy wyjściowej 1 W, obciążeniu 8 Ω i 3 dB spadku wzmocnienia = 20 Hz...60 kHz.
- Pasmo przenoszenia przy mocy wyjściowej 1 W, obciążeniu 8 Ω i 1 dB spadku wzmocnienia = 30 Hz...30 kHz.
- Prąd spoczynkowy lamp stopnia mocy V3L i V3R = 180 mA.
- Zniekształcenia harmoniczne (R_{obc}=8 Ω):

f [Hz]	20	100	1 k	10 k	20 k
P _o =1 W	1,3%	0,9%	0,9%	1,3%	1,8%
15 W	4,4%	2,9%	2,7%	3,9%	5,4%

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 18978, pass: 8mia4185

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

- AVT-5327 Lampowy wzmacniacz stereofoniczny (EP 1/2012)
- AVT-5289 Stereofoniczny wzmacniacz lampowy 2x10W dla każdego (EP 5/2011)
- AVT-5267 Lampowy potencjometr siły głosu (EP 12/2010)
- AVT-5254 Wzmacniacz lampowy dla każdego (EP 09/2010)
- AVT-5142 Wzmacniacz lampowy dla nielampowców (EP 8-9/2008)
- AVT-2754 Stereofoniczny wzmacniacz lampowy (EdW 6-7/2005)
- AVT-455 Wzmacniacz lampowy z PCL86 (EP 2/2005)
- AVT-2772 Lampowy wzmacniacz gitarowy (EdW 1/2005)
- AVT-2744 Lampowy wzmacniacz słuchawkowy (EdW 1/2005)
- AVT-2729 Przedwzmacniacz lampowy (EdW 8/2004)
- AVT-2690 Bufor lampowy (EdW 12/2003)
- Lampowy korektor dźwięku (EdW 7/2008)
- Lampowy wzmacniacz akustyczny 2x30W (EP 4/2008)
- Wzmacniacz lampowy na ECL86 w układzie SE (EdW 4/2006)

*** 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 zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane 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
- AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu)

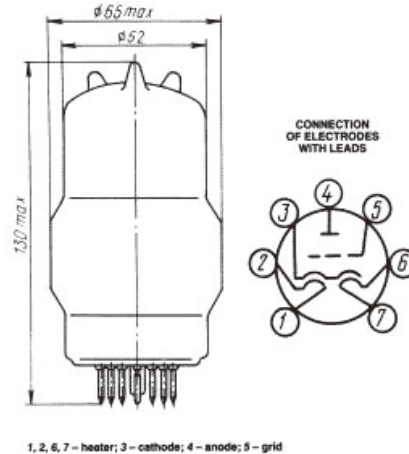
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C) <http://sklep.avt.pl>

Z drugiego stopnia, poprzez kondensator separujący C3L, jest sterowana lampa końcowa V3L. Pracuje ona w układzie ze stałą polaryzacją. Rezystor R10L jest rezystorem siatkowym lampy V3L, zasilanym z regulowanego dzielnika RV1L/R12L. Rezystor R11L zabezpiecza lampę przed uszkodzeniem w wypadku braku kontaktu ślizgacza potencjometru RV1L. Wtedy lampy mocy jest polaryzowana maksymalnym napięciem ujemnym, co zmniejsza jej prąd spoczynkowy. Rezystor RV1L umożliwia regulację prądu spoczynkowego lampy mocy, ponieważ lampy 6C33C mają spory rozrzut parametrów i nawet dobrane w pary wymagają dokładnej regulacji prądu spoczynkowego.

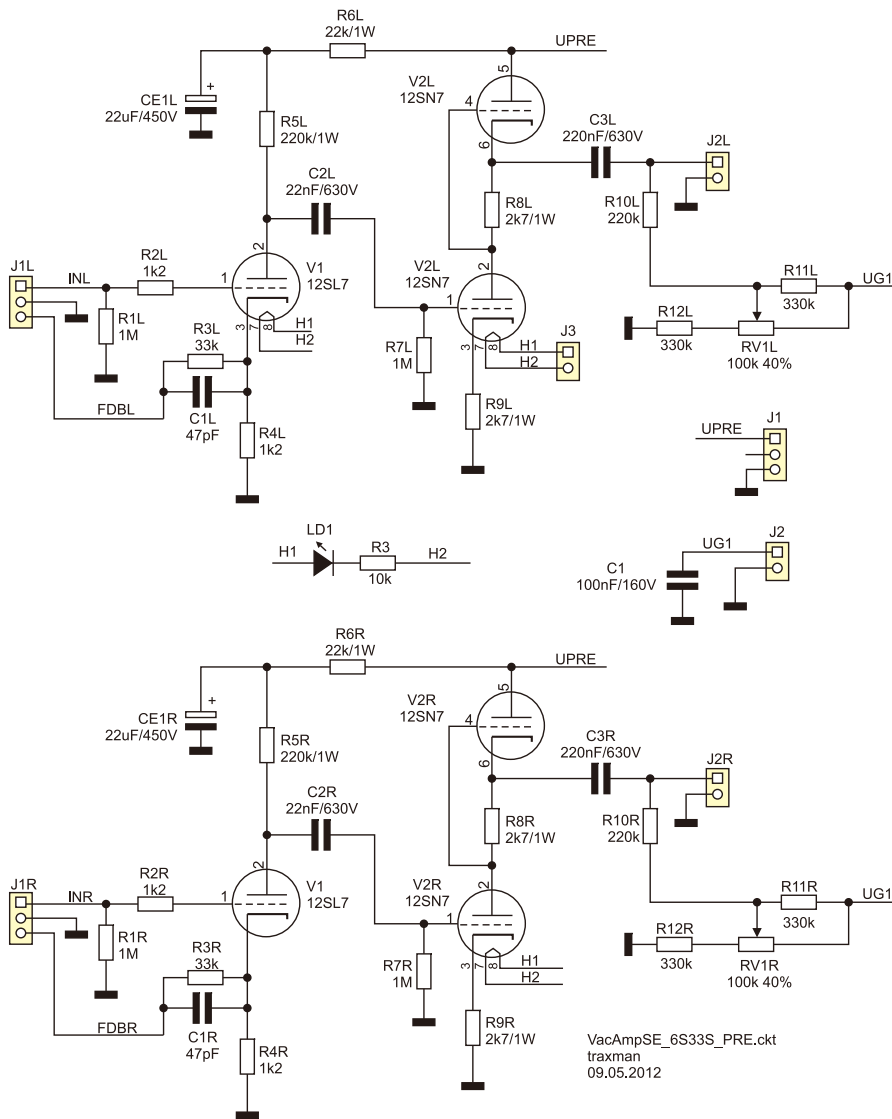
W obwód anody lampy V3L włączono transformator głośnikowy dopasowujący wysoką impedancję wyjściową lampy do niskiej impedancji zespołu głośnikowego. W modelu zastosowano transformator SE-50/3 produkcji Pana Leszka Ogonowskiego o parametrach R_a=600 Ω/R_{obc}=8 Ω, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby zamówić transformator dopasowany do posiadanych

kolumn głośnikowych, pamiętając jedynie o korekcji elementów sprzężenia zwrotnego.

Paradoksem układów lampowych bywa to, że o ile sam wzmacniacz ma nieskomplikowaną topologię, to zasilacz jest jego zupełnym przeciwieństwem. Szczegół-



Rysunek 1. Wygląd lamp 6C33C i rozmieszczenie ich wyprowadzeń



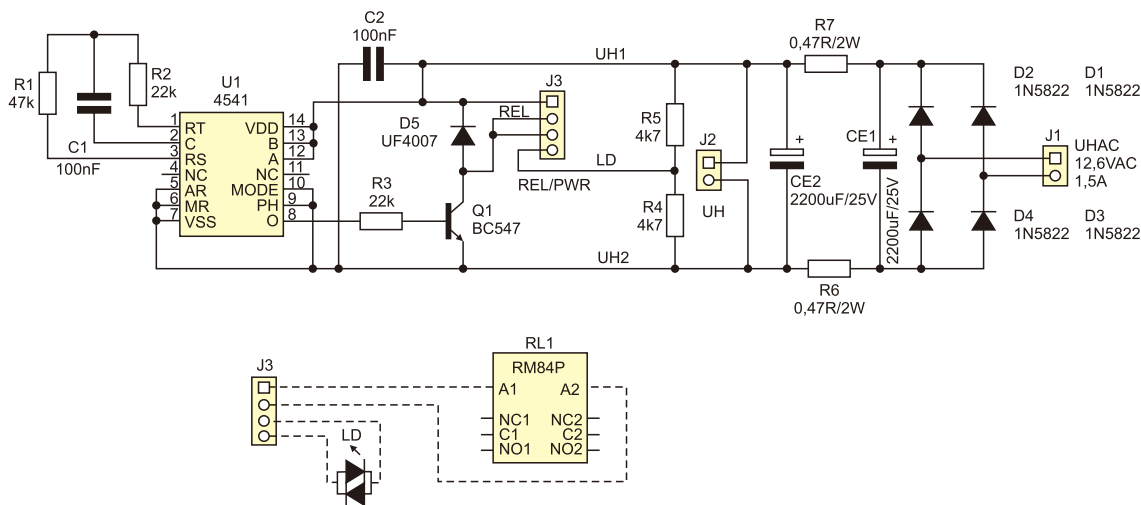
Rysunek 2. Schemat wzmacniacza wstępnego

nie widać to we wzmacniaczach SE, w których jest konieczne dostarczenie napięcia anodowego o minimalnym poziomie przydźwięku. W typowych układach zasilania problem odpowiedniego filtrowania rozwiązywano przez zastosowanie wielostopniowych układów filtrujących LC z kondensatorami elektrolitycznymi o dostępnej wtedy

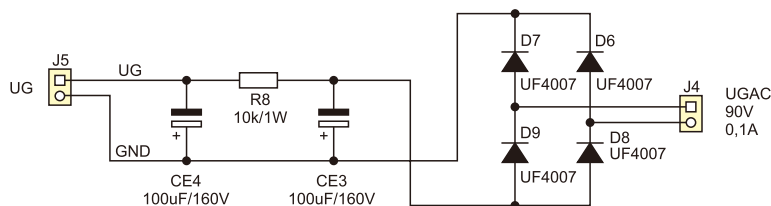
pojemności rzędu 10...47 μF oraz dławików o indukcyjności kilku-kilkudziesięciu Henrów. Pomimo prostoty budowy dławik jest elementem kłopotliwym, nie tylko ze względu na koszt i wymiary, ale przede wszystkim na otaczające go pole rozproszenia, które na skutek oddziaływania na inne komponenty może powodować słyszalny przydźwięk sieciowy. Zabezpieczenie się przed wpływem tego pola wymaga stosowania ekranów magnetycznych lub oddalania i odpowiedniego rozmieszczenia elementów indukcyjnych. Współcześnie, z bardzo dobrym skutkiem dławik może być zastąpiony przez aktywny filtr zasilania z tranzystorem MOSFET.

Do zasilania wzmacniacza modelowego jest potrzebne kilka napięć. Wszystkie dostarczane są przez pojedynczy transformator toroidalny w wykonaniu audio (tj. z dodatkowymi ekranami) o mocy 300 VA produkowany przez firmę toroidy.pl. Napięcia niezbędne do zasilania wzmacniacza to:

2×12,6 V AC/4,5 A (SEC1, SEC2). Do zasilania grzejnika lamp V3L i V3R zastosowano napięcie przemienne. Ze względu na wykonanie grzejnika w postaci dwóch skrętek 6,3 V (wyprowadzenia 1-2 oraz 6-7 lampy 6C33C) jest możliwe ich połączenie szeregowo (12,6 V/3,3 A) lub równoległe (6,3 V/6,6 A). W modelu zastosowano połączenie szeregowo ze względu na mniejszy pobór prądu i łatwość wykonania uzwojenia żarzenia (prądy większe od 5A praktycznie wymagają łączenia równoległego uzwojeń ze względu na grubość drutu nawojowego, który już nie ma elastyczności koniecznej do wykonania uzwojenia). Łatwiej także przy mniejszym prądzie zminimalizować skutki oddziaływania pola rozproszenia powstającego wokół przewodów żarzenia. Ze względu na symetryczną budowę grzejnika otrzymujemy „gratis” środkowy punkt grzejnika (wyprowadzenia 2-6), który dla zmniejszenia przydźwięku pochodzącego od żarzenia jest dołączony bezpośrednio



Rysunek 3. Schemat zasilacza grzejników lamp przedwzmacniacza.



Rysunek 4. Schemat zasilacza służącego do polaryzacji lamp mocy

do potencjału masy eliminując konieczność stosowania dzielnika tzw. „odbrumiacza”. Każda z lamp (V3L, V3R) ma osobny obwód zasilania żarzenia. Wymagany jest spory, bo wynoszący 30% zapas wydajności prądowej, ponieważ grzejniki 6C33C także mają spory rozrzut prądów żarzenia. Niestety, najczęściej pobierają sporo więcej, niż podano w katalogu (powyżej 3,3 A).

12,6 V DC/1,5 A (SEC6). Napięcie to służy do zasilania grzejników lamp przedwzmacniacza oraz układów pomocniczych. Schemat zasilacza pomocniczego przedstawiono na **rysunku 3**. Grzejniki lamp przedwzmacniacza w celu zminimalizowania przydźwięku od żarzenia są zasilane prądem stałym, filtrowanym. Napięcie SEC6 jest doprowadzone do złącza J1, prostowane za pomocą mostka D1...D4 z diodami Schotky. Do jego filtrowania służą kondensatory CE1, CE2 i rezystory R6, R7. Rezystory R6 i R7 umożliwiają dokładne wyregulowanie napięcia 12,6 V DC zasilającego grzejniki lamp V1, V2L, V2R. Zasilanie grzejników jest wyprowadzone na złącze J2. Z odfiltrowanego napięcia zasilającego grzejniki lamp 12Sx7 jest zasilany także układ opóźnionego załączania napięcia anodowego. Wykonano go z popularnym układem czasowym U1 typu 4541, który umożliwia uzyskanie długiej zwłoki czasowej, bez uciekania się do stosowania kondensatorów o dużej pojemności i rezystorów o wielkiej rezystancji w układzie generatora monostabilnego. Dla podanych elementów opóźnienie wynosi ponad 1 minutę i raczej nie powinno być skracane ze względu na dużą bezwładność

grzejników lamp V3L i V3R oraz długi czas osiągnięcia stabilności termicznej przez lampę 6C33C. Układ U1 steruje umieszczonym w module zasilania przedwzmacniacza przekaźnikiem RL1 odłączającym uzwojenia napięć anodowych SEC3, SEC4. Do sygnalizowania trybu pracy zastosowano dwubarwną diodę LED. W modelu, kolor żółty sygnalizuje nagrzewanie, kolor czerwony – załączenie napięć anodowych. Dzielnik rezystorowy R4/R5 ogranicza prąd diody i umożliwia zmianę polaryzacji diody dwukońcówkowej.

90 V DC/0,15 A (SEC5). Zasilanie polaryzacji siatek lamp V3L i V3R. Ze względu na zastosowanie stałej polaryzacji jest konieczne dostarczenie ujemnego napięcia stałego, zasilającego obwody polaryzujące siatki pierwszej Ug1 lampy mocy. Schemat tego zasilacza pokazano na **rysunku 4**. Ze względu na niewielki pobór mocy, do zasilania wy-

REKLAMA

Wykaz elementów

Płytką przedwzmacniacza (rys. 7).

Rezystory:

R3: 10 kΩ (rezystor 0,25%, opcja nie montować)
 R10L, R10R: 220 kΩ (0,6 W; 1%)
 R11L, R11R, R12L, R12R: 330 kΩ/0,6 W, 1%
 R1L, R1R, R7L, R7R: 1 MΩ/0,6 W, 1%
 R2L, R2R, R4L, R4R: 1,2 kΩ/0,6 W, 1%
 R3L, R3R: 33 kΩ/0,6 W, 1%
 R5L, R5R: 220 kΩ/1 W, 1%
 R6L, R6R: 22 kΩ/1 W, 1%
 R8L, R8R, R9L, R9R: 2,7 kΩ/1 W, 1%
 RV1L, RV1R: 100 kΩ potencjometr montażowy VR64W

Kondensatory:

C1: 100 nF/160 V (foliowy)
 C1L, C1R: 47 pF (mikowy)
 C2L, C2R: 22 nF/630 V (foliowy, CSCR380x120)
 C3L, C3R: 220 nF/630 V (foliowy, CSCR380x120)
 CE1L, CE1R: 22 μF/450 V (elektrolityczny, CE0.3_18/+105°C)

Półprzewodniki:

LD1: opcjonalna dioda LED, nie montować

Inne:

J1: złącze ARK, R=10 mm, 2-pinowe
 J2, J3, J2L, J2R: złącze ARK, R=5 mm, 2-pinowe
 J1L, J1R: złącze ARK, R=5 mm, 2-pinowe
 V1: lampa 12SL7 z podstawką octal do druku
 V2L, V2R: lampa 12SN7 z podstawką octal do druku

Płytką zasilacza napięcia żarzenia, Ug1 i opóźnienia (rys. 8):

Rezystory:

R1: 47 kΩ/0,25 W, 5%
 R2, R3: 22 kΩ/0,25 W, 5%
 R4, R5: 4,7 kΩ/0,25W, 5%
 R6, R7: 0,47 Ω/2 W
 R8: 10 kΩ/1 W, 1%

Kondensatory:

C1, C2: 100 nF (foliowy)
 CE1, CE2: 2200 μF/25 V (elektrolityczny, CE0.3_18/+105°C)
 CE3, CE4: 100 μF/160 V (elektrolityczny, CE0.3_18/+105°C)

Półprzewodniki:

D1...D4: 1N5822
 D5...D9: UF4007
 LD: dwubarwna dioda LED 3 mm
 Q1: BC547 (TO-92)
 U1: 4541

Inne:

J1, J2, J4, J5: złącze ARK R=5 mm, 2-pinowe
 J3: złącze KK4, R=2,54 mm, proste

Płytką zasilacza anodowego lamp mocy (rys. 9):

Rezystory:

R1: 1 kΩ/0,25 W, 5%
 R2: 33 kΩ/1 W
 R3, R4: 470 kΩ/1 W

Kondensatory:

CE1, CE2: 330 μF/400 V (elektrolityczny, CE_SNAP35x100/+105°C)
 CE3, CE4: 22 μF/400 V (elektrolityczny, CE0.3_18/+105°C)

Półprzewodniki:

D1...D5: UF4007
 Q1: STW13NK60Z (TO-247, tranzystor + przekładki izolacyjne)

Inne:

HT1: radiator SK68/100 mm z opcjonalnym wentylatorem 12 V/1,5 W
 J1...J3: złącze ARK, R=5 mm, 2-pinowe

Płytką zasilacza anodowego przedwzmacniacza (rys. 10):

Rezystory:

R1: 33 kΩ/1 W
 R2: 1 MΩ/1 W
 R3: 1 kΩ/0,25W, 5%
 R4, R5: 1 Ω/1 W, 1%

Kondensatory:

CE1: 100 μF/400 V (elektrolityczny, CE_SNAP25x100/+105°C)
 CE2, CE3: 22 μF/400 V (elektrolityczny, CE0.3_18/+105°C)

Półprzewodniki:

D1...D5: UF4007
 Q1: STP5NK50ZF (TO-220, tranzystor + przekładki izolacyjne)

Inne:

F1, F2: bezpiecznik zwłoczny 500 mA z oprawką
 HS1: radiator HS142/38 mm
 J1: złącze KK2, R=2,54 mm, proste
 J2...J5: złącze ARK, R=5 mm
 J6: złącze ARK, R=5 mm
 J7, J8: złącze SIP2; 2,54 mm
 RL1: RM84P przełącznik miniaturowy, 2-torowy, cewka 12 V DC

Pozostałe elementy (rys. 12):

Rezystory:

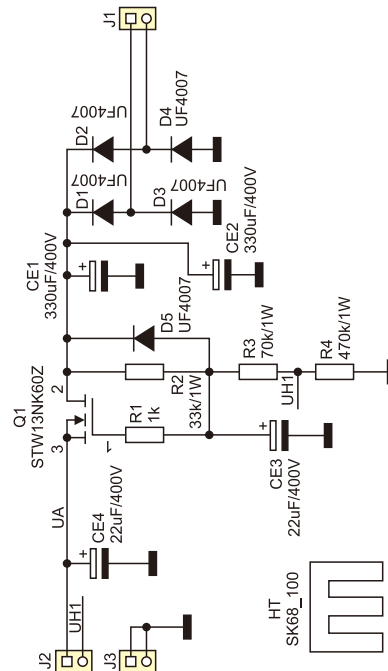
RTR: 220 Ω/1 W, 5%
 RGL, RGR: 1 kΩ/1 W, 1%
 RV1L, RV1R: 47 kΩ/B (potencjometr logarytmiczny, stereo np. ALPS RK27)

Kondensatory:

Cx: 0,1 μF (foliowy)

Inne:

RCA: gniazdo RCA do obudowy
 OUTL/R: gniazdo bananowe do obudowy
 V3L, V3R: lampa 6C33C + podstawka do obudowy
 F1: bezpiecznik zwłoczny 2 A
 IEC: gniazdo sieciowe, kompletne z wyłącznikiem i oprawką bezpiecznika
 Transformator sieciowy 300 VA, wykonanie audio (PRI: 230 V; SEC1: 12,6 V/4,5 A; SEC2: 12,6 V/4,5 A; SEC3: 160 V/0,15 A; SEC4: 170 V/0,85 A; SEC5: 90 V/0,1 A; SEC6: 12,6 V/1,5A)
 Transformatory głośnikowe (opis w tekście)



Rysunek 5. Schemat zasilacza anodowego lamp mocy

MOSFET Q1 typu STW13NK60Z. Układ „powielacza” pojemności umożliwia uzyskania napięcia odfiltrowanego o niewielkiej amplitudzie tętnień sieciowych, co jest ważne dla poprawnej pracy końcówki mocy SE, szczególnie takiej, jak zastosowana w tym wzmacniaczu, pobierająca spory prąd, z lampami 6C33C. Układ charakteryzuje się również łagodnym narastaniem napięcia wyjściowego, co eliminuje nieprzyjemne efekty dźwiękowe podczas załączania wzmacniacza. Dzielnik rezystancyjny R3/R4 dostarcza napięcie o wartości ok.100 V DC dla „podparcia” grzejników lamp przedwzmacniacza i podnosi potencjał katod lamp V1, V2L i V2R, zapobiegając przebiomom izolacji katoda – grzejnik stopnia SRPP. Tranzystor Q1 wymaga do chłodzenia sporego radiatora (SK68-100), co można zauważyć na schemacie montażowym zasilacza napięcia anodowego lamp mocy. W wypadku planowanej, kilkunastogodzinnej pracy wzmacniacza lub przy eksploatacji w wysokiej temperaturze otoczenia, zaleca się użycie dodatkowego, cichobieżnego wentylatora wymuszającego obieg powietrza chłodzącego. Wentylator np. o napięciu znamionowym 12 V DC i mocy 1,5W może być zasilany z napięcia żarzenia lamp przedwzmacniacza (zasilacz ma odpowiedni zapas mocy) umieszczonego pod radiatorem HT1.

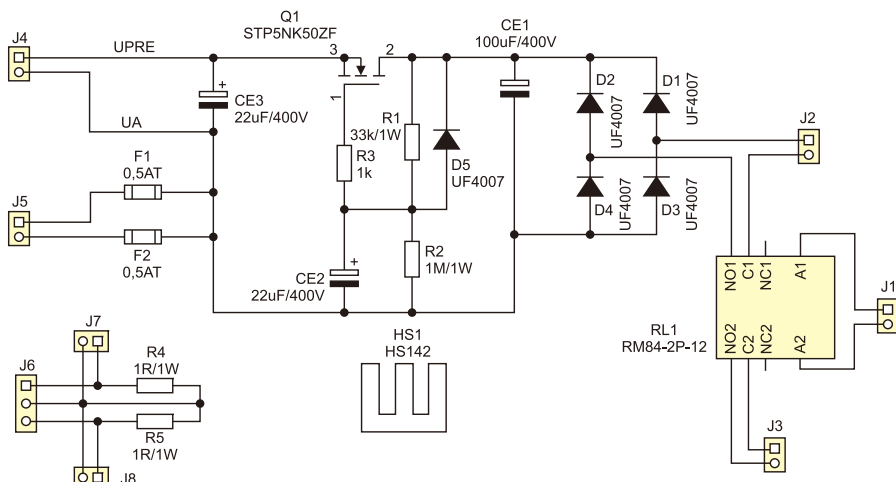
220 V DC/0,1 A (SEC3). Zasilacz napięcia anodowego przedwzmacniacza. Schemat zasilacza anodowego przedwzmacniacza zamieszczono na rysunku 6. Ze względu na wysokie napięcie ok. 400...420 V DC konieczne do zasilania anod lamp przedwzmacniacza, zastosowano po-

starczy zwykły prostownik mostkowy z diod D6...D9, zbudowany w oparciu o szybkie diody UF4007 i współpracujący z filtrem RC zbudowanym z kondensatorów CE3 i CE4 oraz rezystora R8. Zasilacze napięć żarzenia lamp wstępnych, napięcia polaryzacji siatek lamp mocy i układ czasowy umieszczone są na jednej płytce drukowanej.

200 V DC/0,5 A (SEC4). Zasilanie anodowe dla lamp mocy V3L, V3R. Schemat zasilacza napięcia anodowego lamp mocy pokazano na rysunku 5. Zasilacz bazuje na typowym układzie prostownika mostkowego D1...D4, współpracującego z filtrem pojemnościowym CE1 i CE2 oraz układem filtra aktywnego z tranzystorem

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym





Rysunek 6. Schemat zasilacza anodowego przedwzmacniacza

łączenie szeregowe napięć zasilaczy anodowych lamp mocy i przedwzmacniacza. Umożliwia to stosowanie tańszych i łatwo dostępnych elementów na niższe napięcia robocze. Układ jest prawie taki sam, jak zasilacz napięcia anodowego lamp mocy, jedynie tranzystor wykonawczy i radiator

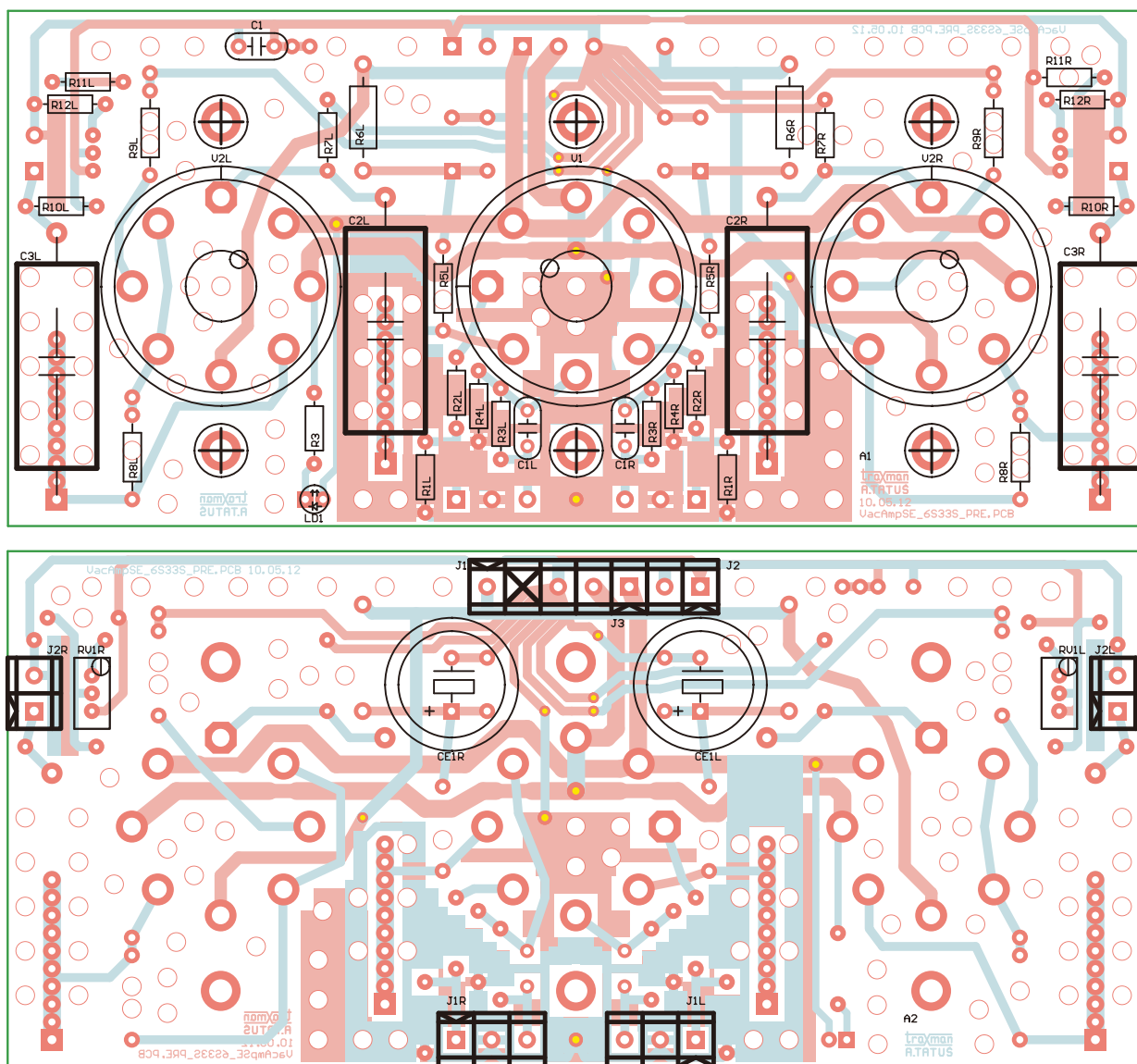
są odpowiednio mniejsze. Na płytce zasilacza przedwzmacniacza umieszczono opisywany wcześniej przekaźnik opóźnionego załączania napięć anodowych. Ze względu na dostępne miejsca znalazły się tam również bezpieczniki napięć anodowych lamp V3L, V3R oraz rezystory pomiarowe R4, R5

i złącza testowe J7, J8 używane podczas regulowania wzmacniacza.

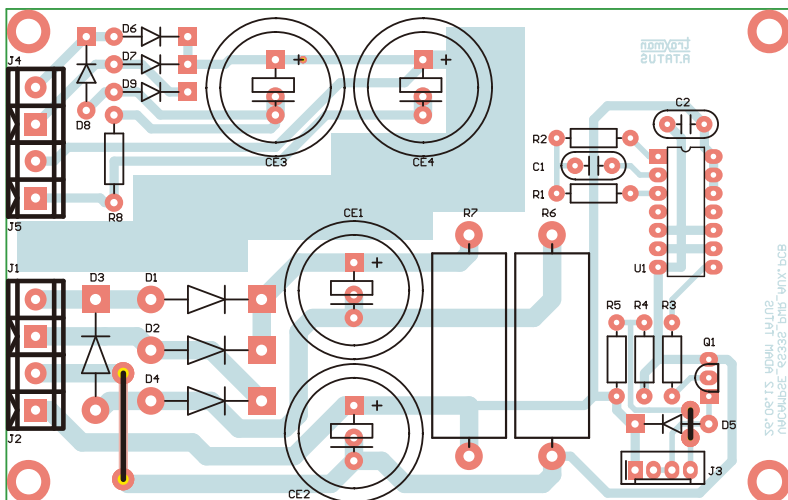
Montaż wzmacniacza

Wzmacniacz składa się z czterech płytek drukowanych, które jednak nie zawierają jego wszystkich elementów. Ze względu na ciężar i wymiary, elementy takie jak: transformatory głośnikowe, transformator zasilający, lampy mocy i gniazda połączeniowe, są montowane poza płytkami drukowanymi. Płytkę przedwzmacniacza wykonano jako dwustronną, z metalizacją otworów, z maską izolacyjną. Rozmieszczenie elementów na płytce przedstawia rysunek 7. Płytki zasilaczy są jednostronne z maską lutowniczą, rozmieszczenie elementów pokazano na rysunku 8, rysunku 9 i rysunku 10.

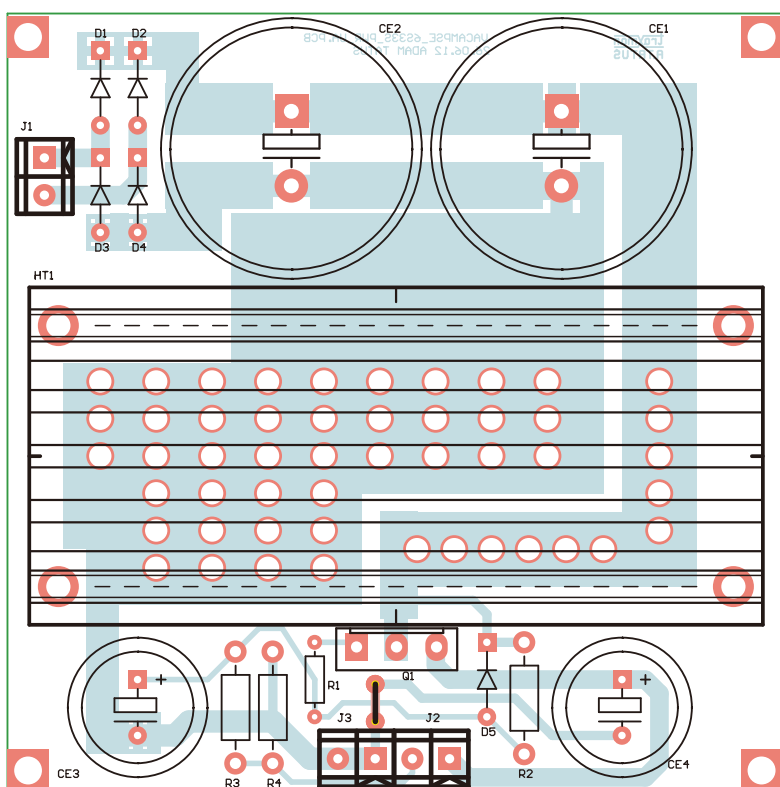
Montaż podzielono na dwa etapy. W pierwszej kolejności montujemy wszystkie płytki drukowane. Kolejność montażu jest typowa. Jako pierwsze montujemy zwory, małe rezystory, gniazda, kondensatory, podstawki, zachowując rygorystycznie po-



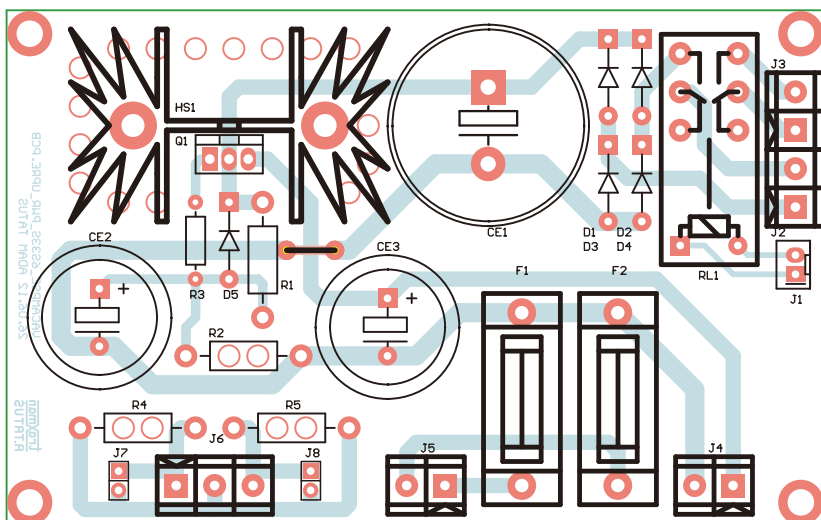
Rysunek 7. Rozmieszczenie elementów na płytce przedwzmacniacza



Rysunek 8. Rozmieszczenie elementów na płytce zasilacza żarzenia przedwzmacniacza



Rysunek 9. Rozmieszczenie elementów na płytce zasilacza anodowego lamp mocy



Rysunek 10. Rozmieszczenie elementów płytki zasilacza anodowego przedwzmacniacza

łożenie poziome. Inaczej po włożeniu lamp może okazać się, że są krzywo, co nie wygląda estetycznie i może powodować problemy z wykonaniem obudowy. Wszystkie rezystory o mocy większej niż 0,5 W należy koniecznie oddalić od powierzchni płytki drukowanej, aby umożliwić odprowadzenie ciepła. W płytkach wykonano kilkanaście otworów umożliwiających cyrkulację powietrza wokół lamp i nagrzewających się elementów. Miejsca kontaktu tranzystorów z radiatorami smarujemy pastą silikonową dla ułatwienia odprowadzenia ciepła. Tranzystor Q1 pracujący w zasilaczu napięcia anodowego lamp mocy mocujemy do radiatora za pomocą przekładki izolacyjnej.

Uwaga! Wykonanie wzmacniacza zaleca się zaawansowanym elektronikom, obeznanych z zasadami bezpieczeństwa przy pracy z urządzeniami będącym pod napięciem. We wzmacniaczu występuje wysokie napięcie (rzędu 500 V DC) oraz wysoka temperatura (około 300°C), również po wyłączeniu zasilania. Pracujemy z „jedną ręką w kieszeni”, każdy krok pracy, uruchomienia i regulacji musi być dobrze przemyślany, aby nie był ostatnim. Zaleca się wstępne uruchomienie płytek przed ich montażem w obudowie wzmacniacza. Na początek jest konieczna wizualna kontrola montażu oraz pomiary napięć występujących w poszczególnych układach zasilających. Najbezpieczniej jest zastosować w tym celu autotransformator i transformator wzmacniacza. Dołączając płytki do odpowiednich uzwojeń transformatora i wolno zwiększając napięcie zasilające transformator TS sprawdzamy obecność i prawidłowość napięć wyjściowych oraz działanie układu opóźnienia załączenia zasilania anodowego.

Drugim etapem montażu jest przygotowanie obudowy i rozmieszczenie w niej wszystkich elementów. Na poglądowym rysunku 11 pokazano propozycję rozmieszczenia bloków wzmacniacza. W modelu obudowa składa się z dwóch blach: górnej będącej płytą montażową, na której spoczywają wszystkie elementy wzmacniacza oraz dolnej, osłonowej, zakrywającej komponenty wzmacniacza.

Część górna jest wykonana z blachy stalowej, nierdzewnej o grubości 2 mm. Dzięki zagięciu ta część jest sztywna, samonośna i nie wymaga dodatkowych usztywnień. Wymiary gotowej obudowy to 42 cm×27 cm×6 cm, plus ewentualne ozdobne aluminiowe lub drewniane boczki. Projektując obudowę należy pamiętać o wykonaniu odpowiedniej liczby otworów wentylacyjnych w okolicach podstawy lamp oraz w dolnej blasze osłonowej. Oczywiście, sposób i miejsca wykonania otworów należy skorygować w zależności od zastosowanych transformatorów i ich osłon, gniazd przyłączeniowych oraz roz-

mieszczenia płytek. Polecam umieszczenie gniazda zasilającego IEC w pokrywie transformatora sieciowego. W ten sposób niebezpieczny potencjał sieci nie wydostaje się poza osłonę transformatora.

Po przygotowaniu obudowy pozostaje montaż wcześniej uruchomionych płytek. Schemat połączeniowy pokazano na **rysunku 12**. Przed montażem płytek w obudowie montujemy słupki dystansowe M3, do których montowane będą płytki drukowane. Słupki powinny mieć wysokość 10...12 mm dla płytek zasilacza i 20...25 mm dla płytek przedwzmacniacza. Kolejno montujemy podstawki lamp mocy, gniazda i potencjometr, następnie prowadzimy przewody żarzenia lamp mocy odsuwając je przy tym możliwie daleko od innych elementów układu. Żarzenie rozprowadzamy skręconym drutem 2×1,5 mm². Następnie montujemy dwójnik RxCx pomiędzy masami gniazd wejściowych, a przewidzianą do tego celu śrubą z oczkiem lutowniczym pomiędzy nimi. Połączenie żarzenia lamp przedwzmacniacza wykonujemy skrętką 0,5 mm². Przewody sygnałowe muszą być ekranowane, przewody napięć anodowych muszą mieć izolacją o wytrzymałości minimum 600 V.

Po wstępnym wykonaniu połączeń montujemy transformatory głośnikowe i zasilający, dołączamy je za pomocą przewodów, montujemy osłony. Wszystkie płytki montowane są na słupkach dystansowych M3, więc należy zwrócić uwagę na odpowiednie odległości od podstawy montażowej w celu uniknięcia zwarcia do położonych niżej elementów mocujących (np. śruby transformatorów, pokryw itp.). Na końcu montujemy płytki drukowane i wzorując się rys. 12 i rys. 13 kończymy montaż. Przed końcowym uruchomieniem sprawdzamy poprawność montażu.

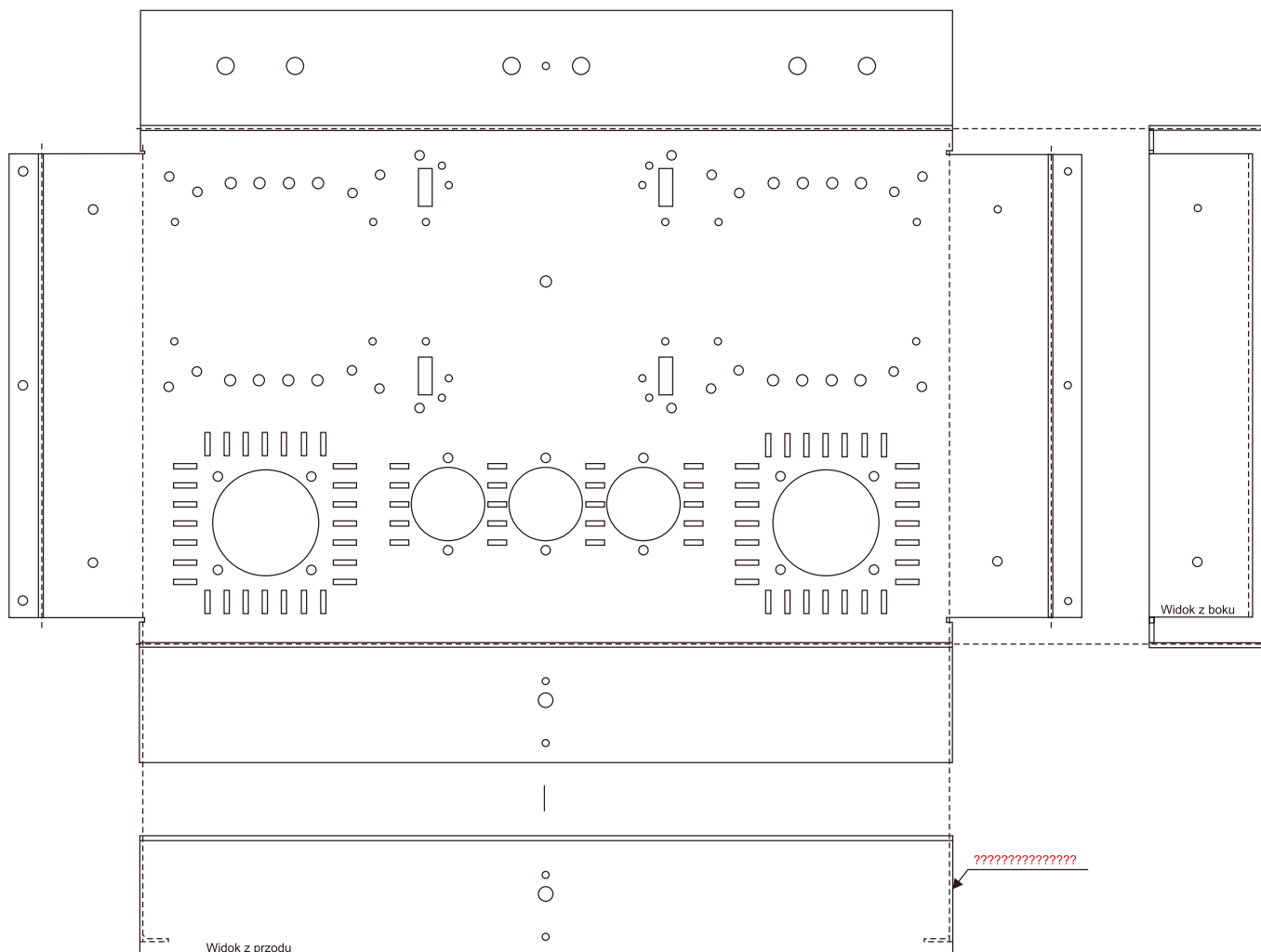
Uruchomienie

Uwaga! We wzmacniaczu występuje wysokie, niebezpieczne dla życia napięcie oraz wysoka temperatura! Uruchamianie należy przeprowadzić z zachowaniem szczególnej ostrożności.

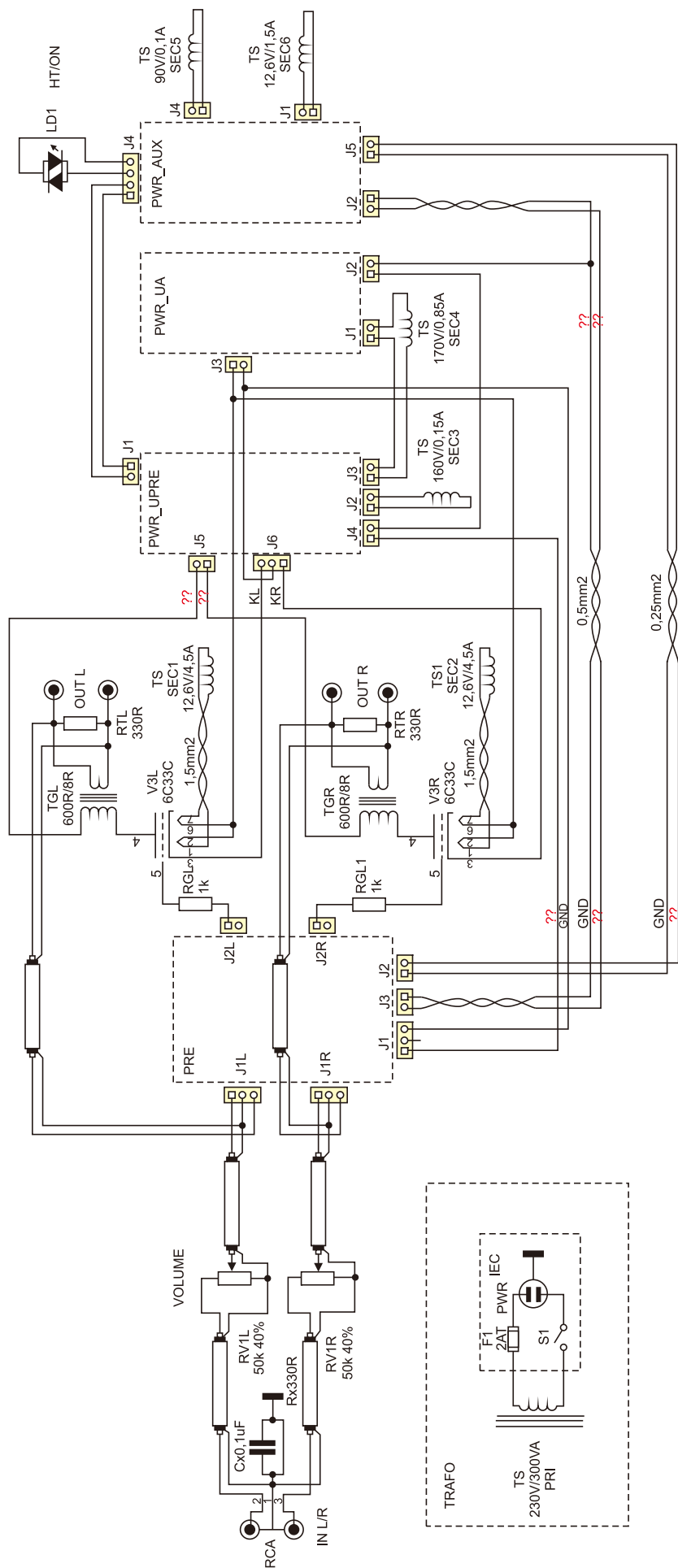
Przed pierwszym włączeniem zmontowanego wzmacniacza, potencjometry regulacji głośności ustawiamy na minimum i nie wkładamy lamp do podstawek. Jeżeli dysponujemy autotransformatorem, to warto wykorzystać go podczas uruchamiania, stopniowo zwiększając napięcie zasilania do wartości znamionowej i ob-

serwując poprawność pracy układu. We wzmacniaczu powinny pojawić się napięcia żarzenia o wartościach ok. 12,6 V DC, mierzone bezpośrednio pomiędzy doprowadzeniami 1-7 podstawek lamp mocy, 7-8 lamp przedwzmacniacza. Po załączeniu się napięć anodowych (opóźnione zadziałanie) na bezpiecznikach F1, F2 powinno pojawić się napięcie anodowe o wartości 200...220 V DC F2, natomiast na złączu J1 płytki przedwzmacniacza 400...430 V. Zmontowany i przygotowany do uruchomienia wzmacniacz przedstawia **fotografia 13**.

W tym miejscu należy przygotować wzmacniacz do uruchomienia z obsadzonymi lampami mocy, ustawiając maksymalne ujemne napięcie na wyprowadzeniach siatek pierwszych lamp V3L, V3R. Napięcia te ustawiamy za pomocą potencjometrów RV1L i RV1R w każdym z kanałów. Powinny one wynosić ok. -90...-110 V. Jeżeli nic nie budzi naszych wątpliwości, możemy wzmacniacz wyłączyć i odczekać do zaniku napięć zasilających. Przed montażem lamp w podstawkach koniecznie należy sprawdzić czy są sprawne oraz dobrać je w pary, aby nie powstały rozbieżności pomiędzy kanałami audio. Szczególnie



Rysunek 11. Proponowane rozmieszczenie otworów w obudowie



Rysunek 12. Schemat montażowy wzmacniacza

dotyczy to lamp mocy mających spory rozrzut parametrów. Analogicznie, funkcjonowanie obwodów lampy V1 oraz lampy V2L, V2R powinny być zbliżone. Różnice emisji i nachyleń nie powinny przekraczać 5%.

Przed włączeniem wzmacniacza, do punktów pomiarowych J7 i J8 dołączamy woltomierze ustawione na zakres pomiarowy 2 V. Do wyjścia wzmacniacza dołączamy sztuczne obciążenie 8 Ω/25 W oraz oscyloskop dwukanałowy. Potencjometr głośności ustawiamy na minimum. Ponownie załączamy wzmacniacz już z zainstalowanymi lampami i sprawdzamy występujące napięcia. Po załączeniu napięć anodowych potencjometrami RV1L, RV1R ustawiamy spadek napięcia na 0,1 V, co odpowiada prądowi anodowemu 100 mA podczas ok. 30-minutowego rozgrzania wzmacniacza. Sprawdzamy stabilność prądów anodowych lamp mocy – skokowe zmiany, pływanie i drastyczne zwiększanie się prądu anodowego dyskwalifikują lampę i jest konieczna jej wymiana na inny egzemplarz. Na oscyloskopie nie powinny pojawiać się żadne przebiegi, jeżeli obserwujemy ich generowanie (wzmacniacz wzbudza się), należy wzmacniacz wyłączyć, odczekać do zaniku napięcia zasilania i zamienić końcówki wyjściowe transformatora głośnikowego, ponieważ, sprzężenie zwrotne przez błąd w połączeniach jest dodatnie. Jeżeli prądy utrzymują się w miarę stabilnie (dopuszczalna zmiana to ±10%), zwiększamy wartość prądu spoczynkowego do 180 mA, czyli 0,18 V spadku na złączach J7 i J8, ponownie obserwując stabilność prądu anodowego. Jeżeli pozostaje on w okolicach ustawionej wartości, to regulacja jest zakończona.

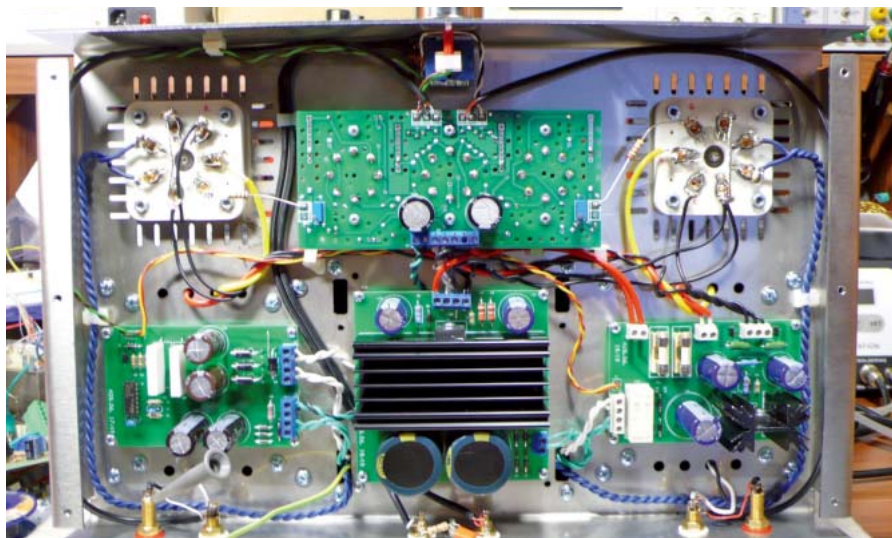
Do wzmacniacza można dołączyć generator funkcyjny i sprawdzić jego parametry dynamiczne, koniecznie z dołączonym obciążeniem. W zależności od zastosowanych transformatorów głośnikowych, zwykle jest wymagana korekta pojemności kondensatorów C1L, C1R. Podczas obserwacji przebiegu prostokątnego o częstotliwości 10 kHz, jeśli wzrost wartości pojemności zmniejsza „przerzuty” na narastającym zboczku prostokąta, to tak należy dobrać pojemność, aby przebieg był zbliżony do prostokąta. Dobieranie zaczynamy od kilku pF – przesadnie duża wartość może doprowadzić do destabilizacji wzmacniacza, więc należy stosować niewielkie zmiany pojemności.

Jeżeli wszystko jest w porządku, możemy wzmacniacz uznać za uruchomiony. Gdy posiadamy analizator zniekształceń lub kartę muzyczną PC z oprogramowaniem, możemy wykonać komplet pomiarów zniekształceń, rozkładu harmonicznego itp. Wyniki pomiarów modelu wykonanych metoda klasyczną tj. przy

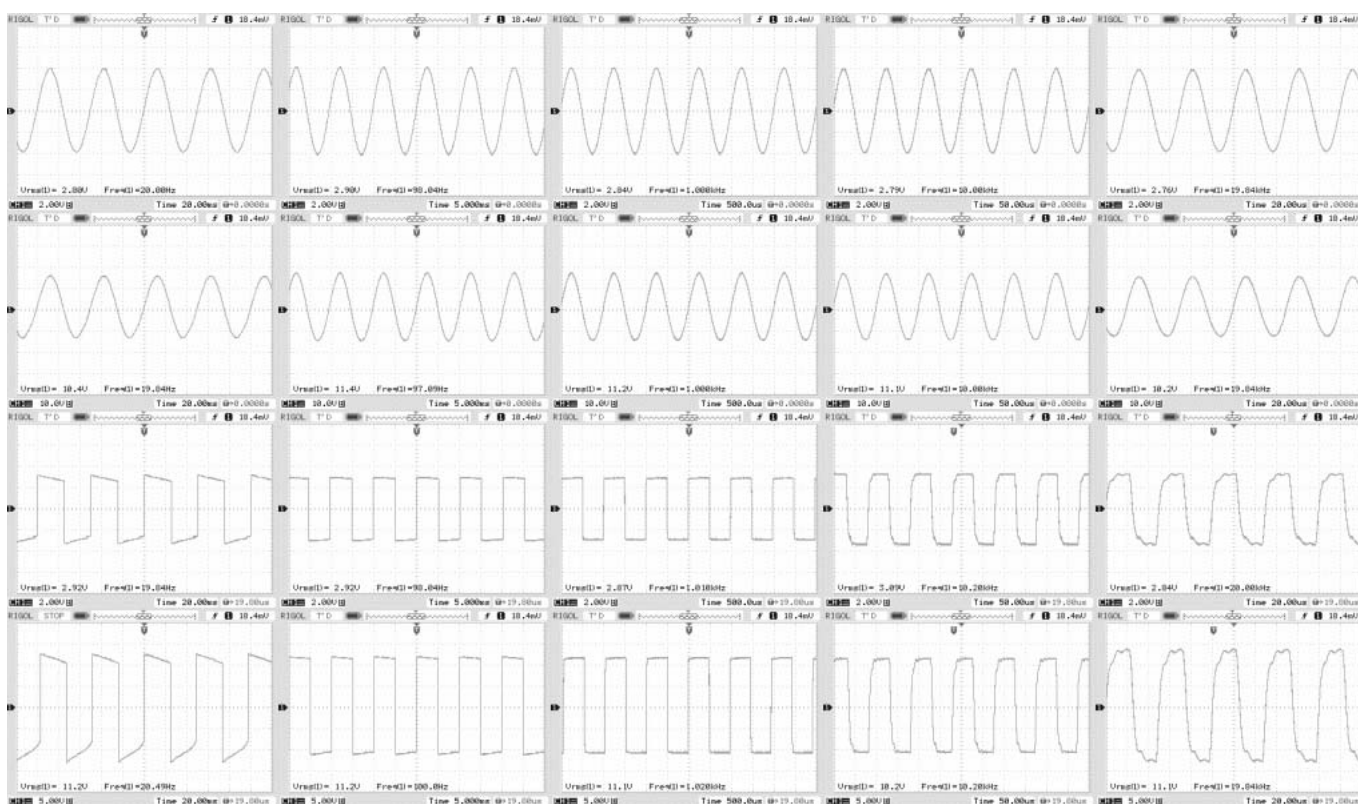
użyciu generatora audio o małych zniekształceniach HM8037 oraz miernika poziomu zniekształceń HM8027 firmy Hameg podano w ramce zawierającej podstawowe parametry. Przykładowe oscylogramy dla kilku częstotliwości i mocy wyjściowych 1 W oraz 15 W przedstawia **rysunek 14**. Kształt przebiegu prostokątnego jest akceptowalny. Na przebiegu prostokątnym o częstotliwości 20 kHz są widoczne zafalowania związane z rezonansem własnym transformatora głośnikowego leżącym poza pasmem akustycznym.

Teraz pozostaje tylko podłączyć wzmacniacz do zestawu audio i cieszyć się „lampowym brzmieniem” muzyki.

Adam Tatuś, EP



Fotografia 13. Zmontowany, przygotowany do uruchomienia wzmacniacz



Rysunek 14. Przebiegi testowe modelu wzmacniacza 6S33S.

REKLAMA