

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za poprawność tych projektów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 200,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Wzmacniacz lampowy audio

Projekt 041

Rzut oka na zdjęcie obok pozwoli docenić kunszt wykonawcy tego urządzenia. Autorowi projektu udało się połączyć prawdziwe „lampowe” brzmienie z dużą estetyką wykonania urządzenia co, zwłaszcza wśród współczesnych elektroników, jest dość rzadko spotykane.



Większość współczesnych elektroników uważa, że era lamp elektronowych już dawno się skończyła. Z całą pewnością jest to słuszne twierdzenie w większości zastosowań, w których lampy niegdyś królowały. Istnieją jednak aplikacje, gdzie „świecące bańki” nadal świetnie zdają egzamin. Do tych zastosowań można zaliczyć wysokiej klasy wzmacniacze audio, w których lampy są chętnie stosowane, a w ostatnich czasach zdobywają coraz większą popularność. Dzieje się

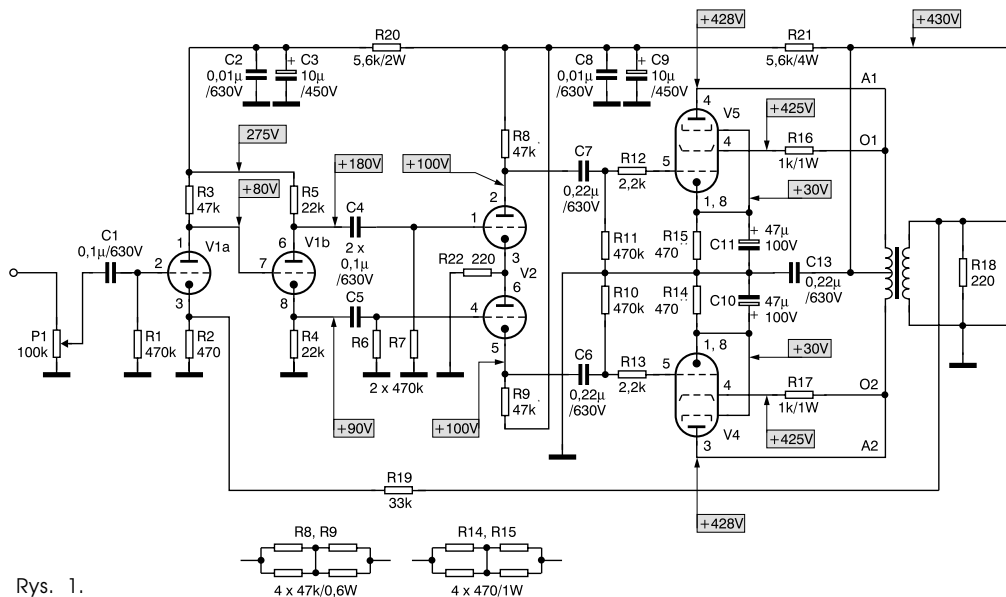
tak pomimo ich bardzo wysokich cen, które często przekraczają kwotę kilku tysięcy dolarów. Prezentowane w artykule urządzenie jest możliwe do samodzielnego wykonania, a do tego jest kilkakrotnie tańsze od konstrukcji fabrycznych. Aby zmniejszyć koszty konstrukcji, wzmacniacz zbudowano w oparciu o popularne lampy, które można zakupić bez większych problemów. Jedynie lampa 6H8C jest mniej znana, choć często spotykana i z jej zdoby-

ciem również nie powinno być większych trudności.

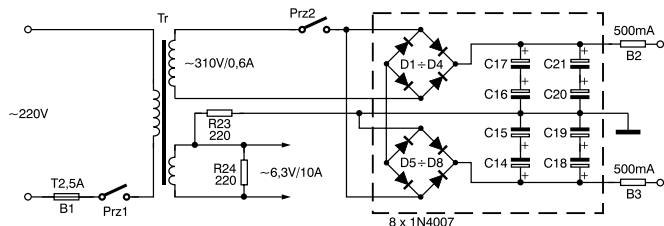
Opis działania

W przedstawionym wzmacniaczu zastosowano typowy układ przeciwobny z triodowym stopniem wejściowym oraz ultraliniowym stopniem wyjściowym, wykonanym na pentodach mocy EL34.

Schemat jednego kanału wzmacniacza przedstawiono na rys. 1. Sygnał wejściowy, poprzez potencjometr P1 (regulator siły głosu), trafia do wzmacniacza wstępnego opartego o elementy C₁, R₁, R₂, R₃ oraz triodę I lampy V₁. Kilkakrotnie wzmacniony sygnał zostaje podany do odwracacza fazy wykonanego na elementach R₄-R₅ oraz triodzie II lampy V₁, gdzie zostaje rozbitý na składowe przesunięte względem siebie o 180°. Stopnie te są ze sobą sprzężone galwanicznie, poprzez połączenie anody triody wzmacniacza wstępnego z siatką triody odwracacza fazy. Wzmocniony i odwrócony w fazie sygnał, poprzez kondensatory C₄ i C₅, trafia do stopnia sterującego opartego o podwójną triodę V₂ oraz elementy R₆-R₉ i R₂₂. Wzmacniacz wstępny, odwracacz fazy, jak również stopień sterujący zapewniają bardzo małe zniekształcenia i szerokie pasmo przenoszenia, dzięki lokalnym sprzężeniom zwrotnym, powstałym na opornikach katodowych R₂, R₄, R₂₂. Sygnał z anod lampy V₂, poprzez kondensatory C₆, C₇, steruje pentodowy stopień końcowy, zbudowany na lampach V₃, V₄, pracujących w układzie ultraliniowym.



Rys. 1.



Rys. 2.

Jest to bardzo stabilny i często stosowany układ pracy dla pentod EL34. Zastosowanie tego układu pozwala na kilkakrotną redukcję zniekształceń wnoszonych przez lampy końcowe oraz transformator wyjściowy. Układ ultraliniowy zrealizowany został poprzez połączenie odczepów O1, O2 z drugimi siatkami lamp V3, V4, w silne lokalne



Poniżej przedstawiono wypróbowany wielokrotnie sposób obliczania i wykonania transformatorów wyjściowych. Transformator, którego opis przedstawiono poniżej nadaje się również do wzmacniacza opisanego w EP10/95.

Dane Techniczne:

- Moc użyteczna P=36W
- Oporność anoda $R_{aa}=6600\Omega$
- Prąd anodowy $J_a=70mA$
- Oporność wyjściowa $R_l=8\Omega$
- Dolna częstotliwość graniczna $f_g=40Hz$
- Odczepy ultraliniowe 43% od środka

1. Przekrój rdzenia

$$Q = 20 \cdot \sqrt{\frac{P}{f_s}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{36}{40}} = 19cm^2$$

$$Q = a \cdot b$$

rys. 3

2. Skuteczna wartość napięcia uzwojenia pierwotnego

$$U_{aa} = \sqrt{P \cdot R_{aa}} = \sqrt{36 \cdot 6600} = 490V$$

3. Liczba zwojów uzwojenia pierwotnego

$$U_1 = \frac{U_{aa}}{2,6640 \cdot f_s \cdot Q} = \frac{4900 \cdot 10000}{2,664 \cdot 40 \cdot 19} = 2420 \text{ zwojów}$$

4. Wartość składowa zmiennej prądu anodowego

$$I_a = \sqrt{\frac{P}{R_{aa}}} = \sqrt{\frac{36}{6600}} = 70mA$$

5. Całkowita wartość prądu anodowego

$$I_{ac} = I_a + I_{ao} = 70 + 70 = 140mA$$

6. Gęstość prądu S [A/mm²] w zależności od szerokości okna "c" rys. 3.

Gęstość prądu I [A]	szerokość
5-3	1
3,5-2	2
2,5-1,5	3
2-1	4

7. Średnica drutu uzwojenia pierwotnego (np. dla c = 2cm czyli s = 3A/mm²)

$$d_1 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3I}{s}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 14}{3}} \approx 0,25mm$$

8. Przekładnia transformatora i liczba zwojów uzwojenia wtórnego

$$p = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \sqrt{\frac{R_c}{R_{aa}}}$$

$$\mu_2 = \mu_1 \cdot \sqrt{\frac{R_c}{R_{aa}}} = 2420 \cdot \sqrt{\frac{8}{6600}} = 84 \text{ zwoje}$$

9. Prąd uzwojenia wtórnego

$$I_L = \sqrt{\frac{P}{R_c}} = \sqrt{\frac{36}{8}} = 2,2A$$

10. Średnica drutu uzwojenia wtórnego: y - ilość sekcji uzwojenia wtórnego połączonego równolegle (np. y = 3)

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_L}{y}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2,2}{3}} = 0,55mm$$

sprężenie zwrotne redukujące zniekształcenia.

Rezystory R14, R15 są opornikami katodowymi lamp V3 V4. Są one niezbędne do odpowiedniej polaryzacji i ustalają prąd lamp końcowych na około 70mA. Kondensatory C10 i C11 likwidują lokalne sprężenie zwrotne powstałe na wspomnianych opor-

nikach. Rezystor R18, po stronie wtórnej transformatora, zabezpiecza wzmacniacz przed uszkodzeniem podczas załączenia nie obciążonego urządzenia. Sygnał z wtórnych uzwojeń transformatora jest podawany bezpośrednio do wyjścia, oraz, poprzez rezystor R19, do katody triody 1 lampy V1 tworząc pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego o głębokości około 10dB. Zasilanie poszczególnych stopni odbywa się poprzez rezystory redukujące napięcie R20, R21 i są odseparowane od siebie kondensatorami C₂, C₃ oraz C₈, C₉.

Schemat zasilacza przedstawiono na rys. 2. Jest to bardzo prosty układ zawierający oddzielne prostowniki i filtry dla lewego i prawego kanału. Są one wykonane na elementach D₁..D₈, C₁₄..C₂₁. Przełącznik Prz1 to wyłącznik główny wzmacniacza, natomiast Prz2 to włącznik napięcia anodowego, który w celu przedłużenia trwałości lamp należy załączyć dopiero po odpowiednim ich nagraniu (około 45 sekund od chwili załączenia

WYKAZ ELEMENTÓW

wzmacniacz

Rezystory

- R1, R6, R7, R10, R11: 470kΩ
- R2: 470Ω/0,5W
- R3: 47kΩ
- R4, R5: 22kΩ
- R8, R9: 4x47kΩ/0,6W (patrz schemat z rys. 1)
- R12, R13: 2,2kΩ
- R14, R15: 4x470Ω/1W (patrz schemat z rys. 1)
- R16, R17: 1kΩ/1W
- R18: 220Ω/4W
- R19: 33kΩ
- R20: 5,6kΩ/2W
- R21: 5,6kΩ/4W
- R22: 220Ω/2W
- P1: 100kΩ/B

Kondensatory

- C1, C4, C5: 100nF/630V
- C2, C8: 10nF/630V
- C3, C9: 10μF/450V
- C6, C7: 220nF/630V
- C10, C11: 47μF/100V
- C13: 220nF/630V

Lampy

- V1: ECC83
- V2: 6H8C
- V3, V4: EL34

Różne

Transformator głośnikowy (wykonany zgodnie z opisem w artykule)

zasilacz

Rezystory

- R23, R24: 220Ω/5W

Kondensatory

- C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21: 470μF/350V

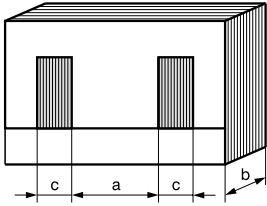
Półprzewodniki

- D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8: 1N4007

Różne

- Prz1, Prz2: przełączniki sieciowe
- Tr: transformator sieciowy (patrz rys. 2)
- B1: bezpiecznik zwłoczny 2,5A/630V
- B2, B3: bezpieczniki zwłoczne 500mA/630V



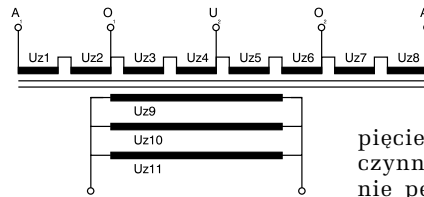


Rys. 3.

włącznika głównego). Napięcie stałe +430V jest podawane bezpośrednio do zasilania wzmacniacza.

Montaż

Wzmacniacz modelowy został wykonany metodą montażu przestrzennego. Jedynie zasilacz został wykonany na płytce drukowanej. Szczególną uwagę należy zwrócić, w celu zapobieżenia przydźwiękowi, na sposób prowadzenia masy. Masa układu powinna być połączona z obudową w jednym punkcie, możliwie blisko transformatora sieciowego i prowadzona od zasilacza jednym wspólnym przewodem dla obu kanałów. Ważne jest również ustawie-



Rys. 4.

nie transformatorów wyjściowych. Należy uwzględnić transformatory zasilające - powinny one być ustawione względem siebie prostopadle.

Uruchomienie

Uruchamianie najlepiej przeprowadzić etapami. Przy całkowicie zmontowanym urządzeniu sprawdzamy poprawność połączeń. Jeżeli wszystko się zgadza, przystępujemy do uruchamiania poszczególnych stopni. Przy wyjętych wszystkich lampach sprawdzamy działanie zasilaczy - na wyjściach powinno występować napięcie około +450V.

Następnie wkładamy lampy V1 i V2. Uruchomienie tych stopni przeprowadzamy przy wejściu zwartym do masy. Sprawdzamy się ono do pomiaru napięć w punktach podanych na schemacie z rys. 1. Następnie, przy odłączonej pętli sprzężenia zwrotnego i wyjściu obciążonym opornikiem 8Ω/15W (brak opornika R14), wstawiamy lampy V3, V4. Na opornikach katodowych R14, R15 powinno wystąpić napięcie około 30V. Ostatnią czynnością jest podłączenie pętli sprzężenia zwrotnego. Należy w tym celu

włutować opornik R₁₉ i załączyć wzmacniacz. Układ powinien pracować poprawnie. Jeżeli wystąpi wzbudzenie, należy zmienić wtórne wyprowadzenie transformatora wyjściowego. W identyczny sposób należy postępować z drugim kanałem. **Gdyby powstały jakiegokolwiek trudności z wykonaniem lub uruchomieniem, proszę o kontakt - chętnie udzielimy pomocy.**

Transformatory wyjściowe

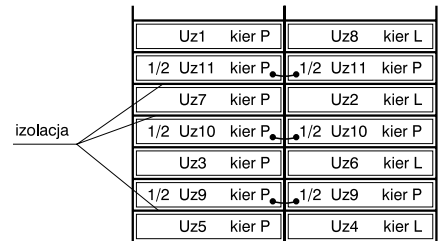
W egzemplarzu modelowym, nadesłanym do redakcji, jako transformatory wyjściowe są zastosowane transformatory toroidalne, wykonane na zamówienie. Zapewniają one doskonałe parametry, lecz kosztują około 140zł/szt.

Schemat budowy transformatora przedstawiono na rys. 4. Na rys. 5 przedstawiono sposób ułożenia uzwojenia na dzielonym karkasie. Należy zwrócić uwagę na zmienny kierunek nawijania uzwojeń pierwotnych, jak również na właściwe połącze-

nia uzwojeń. W celu odpowiedniego ich połączenia, najprościej pozostawić wyprowadzenie kolejnych uzwojeń i połączyć je dopiero po całkowitym zmontowaniu transformatora. Pierwszą czynnością jest połączenie uzwojeń wtórnych, z czym nie powinno być trudności. Następnie podłączamy uzwojenie wtórne do napięcia zmiennego 50Hz i napięcia około 5V. Mierząc napięcie na wyprowadzeniach, łączymy je kolejno 1-2-3-4-5-6-7-8 tak, aby uzyskać maksymalnie duże napięcie pomiędzy początkiem uzwojenia 1 a końcami kolejnych uzwojeń.

Andrzej Piwowarczyk

Listy w sprawie wzmacniacza prosimy kierować na adres redakcji.



Uz1 = Uz2 = Uz7 = Uz8 - 345 zw. DNE 0,25
 Uz3 = Uz4 = Uz5 = Uz6 - 260 zw. DNE 0,25
 Uz9 = Uz10 = Uz11 - 84 zw. DNE 0,55

Rys. 5.