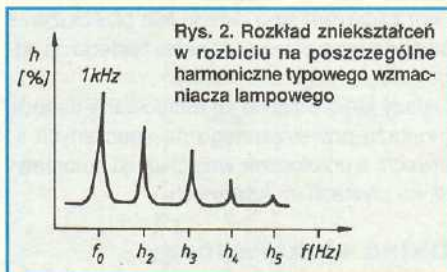
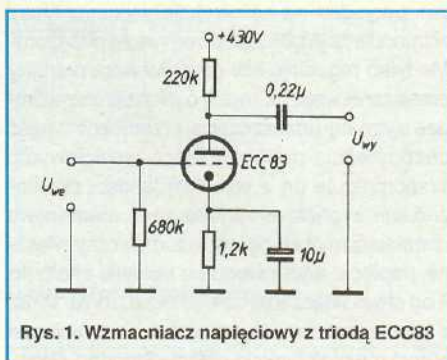


Omawiamy wzmacniacz lampowy opracowany w niedawno powstałej krajowej firmie Amplifon

Dlaczego lampy?

Grono zwolenników lampowych urządzeń audio stale się powiększa, mimo że ceny tych cudów techniki są dość wysokie. Zainteresowanie urządzeniami lampowymi w ostatnich latach wzrosło do tego stopnia, że rozpoczęto seryjną produkcję lamp, których wytwarzania zaprzestano kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat temu. Tak się stało na przykład ze słynną triodą 300B, która obecnie przeżywa swój wielki powrót. Na świecie istnieje kilka firm produkujących lampy na potrzeby zamożnych audiofilów. Najważniejsze to Sovtek, Svetlana, Sino, Tesla, Golden Dragon. Produkowanych jest kilkadziesiąt typów lamp elektronowych. Najczęściej spotykane to 12AX7 (ECC83), 12AU7 (ECC82), EL34, EL84, 6L6, 5881, 6550, 211, 845, 300B oraz ich odpowiedniki ukazujące się pod innymi oznaczeniami. Producenci oferują swoje wyroby w kilku wykonaniach i w wersjach. Obecnie produkuje się głównie lampy o przedłużonej trwałości (dochodzącej niekiedy do 10 000 godzin pracy) oraz o wzmocnionej konstrukcji mechanicznej zapobiegającej efektowi mikrofonowania. Długo można dyskutować o przewadze lamp nad półprzewodnikami i odwrotnie. Faktem jest, że większość wad lamp elektronowych w wysokiej klasy urządzeniach audio można obecnie zlekceważyć (wysoki pobór mocy) lub wyeliminować przez zastosowanie najwyższej jakości elementów współpracujących np. transformatorów wyjściowych. W ten sposób pozostają wyłącznie zalety "szklanych baniek". Prawdopodobnie najkorzystniejszym parametrem lamp elektronowych, a szczególnie triod, jest ich duża liniowość. Na przykład trioda ECC83 w prostym układzie wzmacniacza napięciowego (rys. 1) wprowadza zniekształcenia około 1,1% przy wzmocnieniu napięciowym 76,6 V/V i maksymalnym napięciu wyjściowym 48 V bez jakiegokolwiek ujemnego sprzężenia zwrotnego. Doskonała liniowość umożliwia zastosowanie niewielkiego sprzężenia, co w połączeniu z bardzo dużą szybkością działania (ta sama lampka może pracować zarówno przy częstotliwościach akustycznych, jak również w torach w.c. o częstotliwościach dochodzących do kilkuset MHz z np. ECC88) umożliwia praktycznie eliminację zniekształceń intermodulacyjnych TIM.

Wzmacniacz lampowy Amplifon WL36

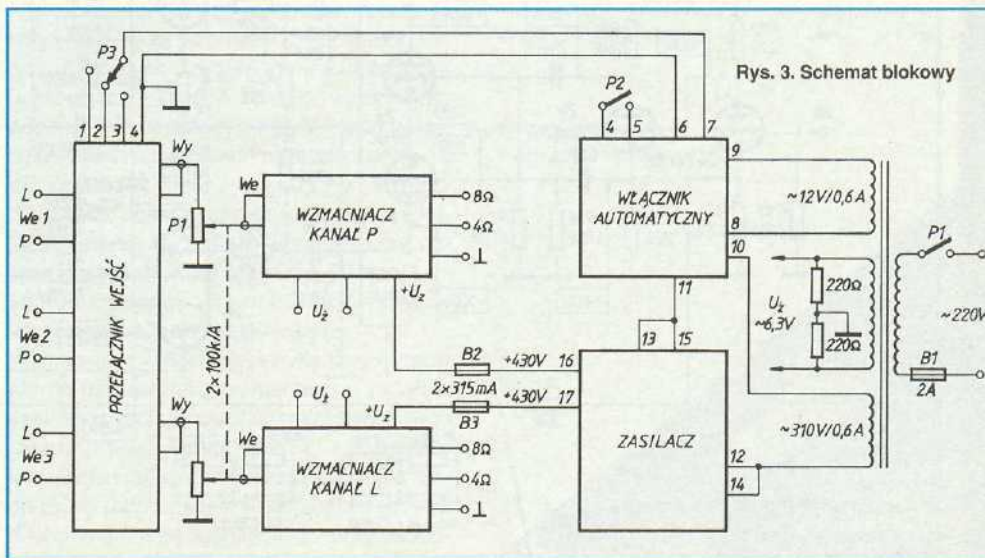


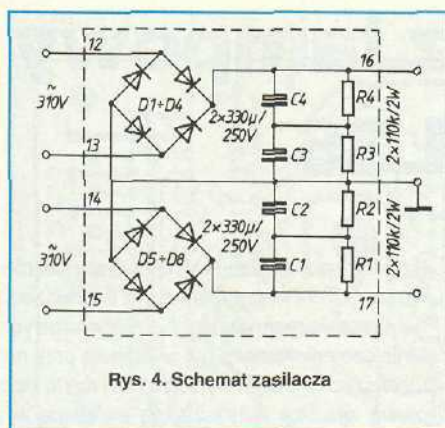
Dalszymi zaletami układów lampowych jest korzystny rozkład zniekształceń nieliniowych na poszczególne harmoniczne (rys. 2). Choć rozkład przedstawiony na wykresie nie jest regułą, to w dobrze zaprojektowanym urządzeniu ma on podobny przebieg, dając tak zwane przyjemne brzmienie. Dzieje się tak, ponieważ człowiek w mniejszym stopniu reaguje na harmoniczne parzyste (f_2 i f_4). Efekt ten znacząco się pogłębia w wyniku zjawiska maskowania harmonicznych nieparzystych o mniejszej wartości (f_3 i f_5) przez harmoniczne parzyste o większej wartości (f_2 i f_4).

Rozkład zniekształceń w funkcji mocy jest również znacznie korzystniejszy niż w powszechnie stosowanych układach tranzystorowych. Mniejsze zniekształcenia występują przy najmniejszych mocach wyjściowych i rosną stopniowo wraz ze zwiększającą się mocą wyjściową aż do typowego przesterowania. Układy lampowe mają łagodne "wejście" w zakres przesterowania.

Bardzo małe zniekształcenia przy małych mocach umożliwiają pełne wykorzystanie dobrych zespołów głośnikowych, które mają podobny rozkład zniekształceń w funkcji wychylenia membrany, czyli mocy wyjściowej. Całkowicie odmienną sytuację mamy w układach tranzystorowych. Większość układów jest budowana jako konstrukcje przeciwso-bne pracujące w klasie AB przy stosunkowo małym prądzie spoczynkowym stopnia końcowego. Właściwie w każdym takim układzie możemy znaleźć stosunkowo duże zniekształcenia przy najmniejszych mocach, pochodzące z niecałkowicie wyeliminowanego efektu przejścia sygnału przez zero (zniekształceń skrośnych). Dla dociekliwych podam, że układy lampowe klasy hi-fi są wolne od tych zniekształceń, ponieważ pracują przeważnie w czystej klasie A lub AB z dużym prądem spoczynkowym.

Lampy elektronowe mają ponadto jeszcze jedną niezwykle ważną zaletę, a mianowicie bardzo dużą impedancję wejściową siatki sterującej, przeważnie 100 kΩ+1 MΩ przy bardzo małych pojemnościach wejściowych 1,5+15 pF.





Rys. 4. Schemat zasilacza

Nawet w porównaniu z nowoczesnymi tranzystorami polowymi o podobnej rezystancji wejściowej, lampy mają kilka, a nawet kilkaset razy mniejsze pojemności wejściowe. Fakt ten sprawia, że lampowe wzmacniacze prawie nie obciążają urządzeń współpracujących. Ponadto duża impedancja wejściowa lamp umożliwia budowę bardzo prostych stopni wejściowych oraz sterujących stopniem końcowym. Układy te muszą praktycznie wytworzyć napięcie o odpowiednio dużej amplitudzie, bez dużej wydajności prądowej koniecznej do sterowania stopniami o małej rezystancji wejściowej czy "ładowania" dużych pojemności wejściowych. W związku z powyższym wzmacniacze lampowe są urządzeniami o stosunkowo prostej budowie, zawierającymi niewiele elementów w torze sygnałowym i umożliwiającymi bardzo krótką drogę sygnału.

Opis konstrukcji

Układ elektroniczny wzmacniacza WL36 to typowy układ Wiliamsona z lat czterdziestych oraz ultraliniowy stopień wyjściowy z lampami EL34. Tym co może różnić go od urządzenia sprzed 20-30 lat są najwyższej jakości elementy bierne.

Jak przystało na konstrukcję wysokiej klasy wzmacniacz WL36 jest skromnie wyposażony. Ma tylko regulację siły dźwięku oraz potrójny przełącznik wejść. Z myślą o jak najkrótszej drodze sygnału umieszczono przełącznik wejść bezpośrednio przy gniazdach wejściowych. Współpracuje on z wysokiej jakości przełącznikami sygnałowymi. Jedynym elementem ułatwiającym obsługę jest automatyczny włącznik napięcia anodowego po upływie około 45 s od chwili włączenia całego urządzenia. Wraz z przełącznikiem na przednim panelu może pełnić również funkcję układu Standby. Głównym zadaniem tego układu jest przedłużenie trwałości lamp przez podawanie napięcia na odpowiednio rozgrzane katody.

Układy elektroniczne są montowane metodą montażu przestrzennego na specjalnych listwach, a przełącznik wejść, układ automatyki, na płytkach drukowanych.

Układ elektroniczny

Schemat blokowy przedstawiono na rys. 3. Sygnał wejściowy bezpośrednio z gniazd wejściowych jest doprowadzany do selektora wejść, następnie przez regulator siły dźwięku

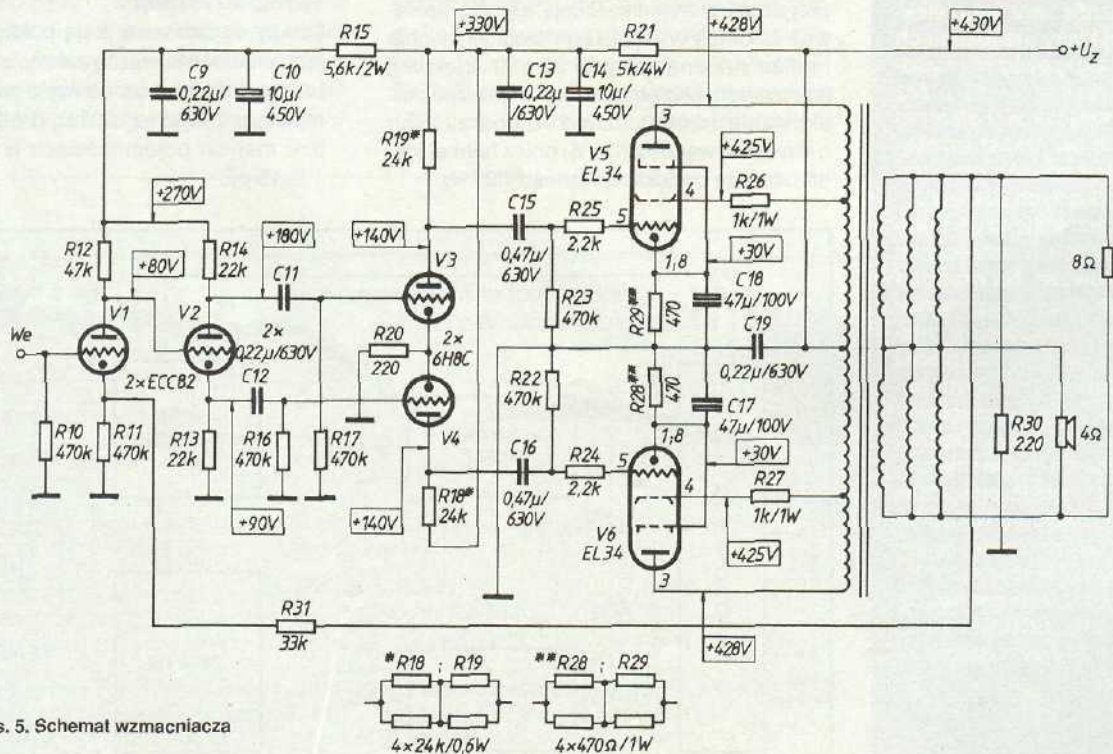
do wzmacniaczy lewego i prawego kanału. Układ jest zasilany z transformatora sieciowego i pełnookresowych prostowników mostkowych. Transformator dostarcza również napięcie żarzenia lamp. Blok automatyki z funkcją Standby jest zasilany przez zasilacz stabilizowany +12 V zawarty w tym bloku. Z niego korzysta również selektor wejściowy. Główny zasilacz sterowany przez blok automatyki dostarcza napięć anodowych zasilających wzmacniacze końcowe.

Zasilacz

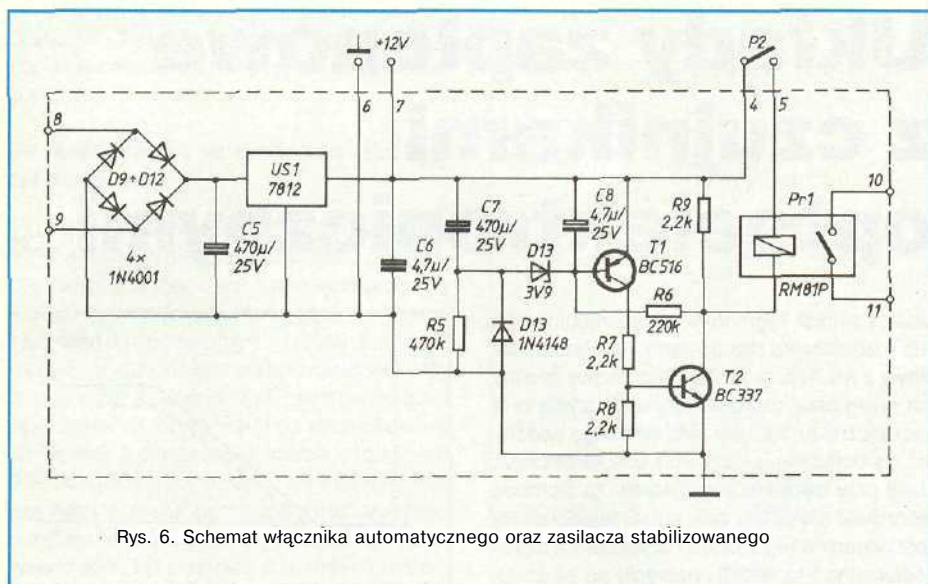
Schemat zasilacza przedstawiono na rys. 4. Napięcie zmienne -310 V z jednego z wtórnych uzwojeń transformatora poprzez blok wyłącznika automatycznego jest doprowadzane do oddzielnych prostowników i filtrów lewego i prawego kanału, wykonanych na elementach D1+D8, C1-C4, R1+R4. Napięcie stałe +430 V z kondensatorów C1-C4 jest doprowadzane poprzez bezpieczniki B2, B3 do zasilania układów wzmacniaczy.

Wzmacniacze

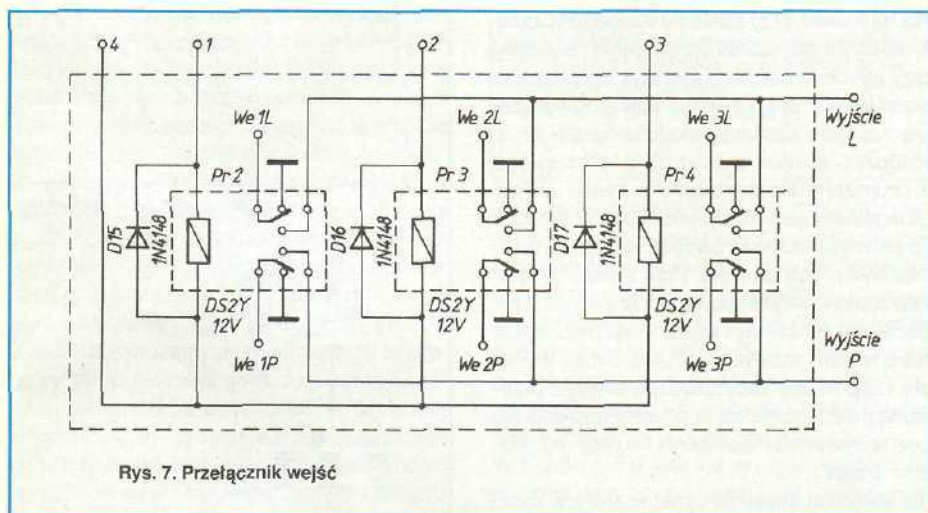
Schemat układu wzmacniacza (jeden kanał) jest przedstawiony na rys. 5. Sygnał wejściowy z selektora wejść poprzez potencjometr P1 (regulacja siły dźwięku) jest doprowadzany do siatki triody V1, pełniącej funkcję wzmacniacza wstępnego o wzmocnieniu około 10 V/V i współpracującej z rezystorami R10+R12. Wzmocniony sygnał trafia do odwracacza fa-



Rys. 5. Schemat wzmacniacza



Rys. 6. Schemat wyłącznika automatycznego oraz zasilacza stabilizowanego



Rys. 7. Przetątnik wejść

zy wykonanego na elementach triody V2, R13-R14. W układzie tym sygnał zostaje rozłożony na dwie składowe, przesunięte w fazie o 180° i amplitudach równych połowie amplitudy sygnału wejściowego z siatki triody V2. Składowe sygnału poprzez kondensatory sprzęgające C11, C12 trafiają do stopnia sterującego z triodami V3 i V4 (lampy 6H8C). Rezystor katodowy R20 tworzy lokalne sprzężenie zwrotne niwelujące ewentualne różnice w amplitudzie sygnałów powstałych w odwracaczu fazy. Około dwunastokrotnie wzmocnione składowe sygnału, poprzez kondensatory C15, C16, sterują przeciwnym stopniem wyjściowym, zbudowanym na pentodach mocy V5 i V6, oraz elementach R24-R29, C17+C18, Tr1. Prądy lamp końcowych ustalane są rezystorami katodowymi R28-R19 i wynoszą około 70 mA. Kondensatory C17, C18 likwidują lokalne sprzężenie zwrotne powstałe na wspomnianych rezystorach. Sygnał z odczepów 01-02 transformatora wyjściowego jest doprowadzany poprzez rezystory R26+R27 do siatek drugich pentod

V5 i V6 tworząc tak zwany układ *ultralinear*, redukujący zniekształcenia wnoszone przez stopień końcowy oraz transformator wskutek powstawania silnego lokalnego sprzężenia zwrotnego. Rezystor R30 po stronie wtórnej transformatora zabezpiecza wzmacniacz podczas włączenia nieobciążonego wzmacniacza. Sygnał z wtórnych uzwojeń transformatora jest doprowadzany bezpośrednio do wyjścia oraz poprzez R31 do katody lampy V1 tworząc pętlę sprzężenia zwrotnego o wartości około 10 dB. Zasilanie poszczególnych stopni wzmacniacza odbywa się poprzez rezystory redukujące napięcia R21, R15 i kondensatory odsprężające C9, C10 oraz C13, C14. Istotne znaczenie ma dobór podzespołów wzmacniacza, a szczególnie lamp. Wzmacniacz wstępny jest wykonany wyłącznikiem na triodach jako elementach o największej liniowości. W stopniu wejściowym tego układu pracuje lampy ECC82, a w stopniu sterującym (odwracaczu fazy) podwójna trioda 6H8C (odpowiednik 6SN7) uchodząca za doskonałą lampę sterującą. W przeciwsob-

nym stopniu wejściowym pracuje para pentod mocy EL34 w układzie ultralinear. Transformatorami wyjściowymi są masywne, dzielące sekcyjne toroidy z odczepami na 4- i 8-omowe zespoły głośnikowe. Transformatory mają bardzo dobre parametry i są dokładnie wykonane (różnica impedancji połówek uzwojenia pierwotnego wynosi poniżej 0,5%). W układzie zasilania zastosowano również transformator toroidalny o mocy 250 VA. Prostowanie oraz filtracja napięcia odbywa się w oddzielnych układach dla każdego kanału w celu zapewnienia odpowiednio małego przesłuchu międzykanałowego.

Wyłącznik automatyczny

Schemat wyłącznika automatycznego przedstawiono na rys. 6. Jak można zauważyć jest to prosty układ czasowy wykonany na tranzystorach T1, T2, R5-R9, D13+D14, C7+C8. Napięcie anodowe włącza przełącznik Pr1 po ok. 60 s od chwili włączenia całego urządzenia. Czas ten jest określony elementami R5 i C7. Przełącznik P2 służy do wyłączenia przełącznika Pr1, a zatem i napięcia anodowego, mimo że jest włączone przez układ czasowy. W związku z tym pełni on funkcję układu Standby. Do zasilania wyłącznika służy oddzielny zasilacz stabilizowany, umieszczony razem z nim na płycie drukowanej, wykorzystujący jedno z wyjść transformatora zasilającego. Zasilacz ten wykonany został na elementach D9+D12, C5-C6 oraz U1 i dostarcza napięcia stabilizowanego +12 V. Z zasilacza tego korzysta również przetątnik wejść.

Przetątnik wejść

Schemat przetątnika wejść przedstawiono na rys. 7. Przetątnik ten wykonano wykorzystując przełączniki P2-P4 oraz diody zabezpieczające D15-D17. Układ ten zasilany jest napięciem stabilizowanym +12 V doprowadzonym ze stabilizatora bloku wyłącznika automatycznego. Wyboru źródła sygnału dokonuje się przetątnikiem P3.

Andrzej Piwowarczyk



Wzmacniacz
lampowy
Amplifon WL36
str. 49