

Redukcja zakłóceń w lampowych wzmacniaczach m.cz. (3)

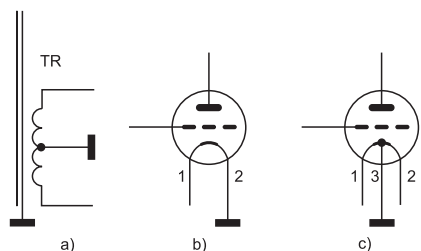


Kontynuujemy cykl artykułów ze wskazówkami konstrukcyjnymi niezbędnymi tym, którzy budują wysokiej klasy wzmacniacze lampowe. W tym odcinku opiszemy metody kompensacyjne usunięcia przydźwięku sieciowego oraz przykładowe rozwiązania wzmacniacza o mocy 2×25 W.

Literatura:
W.B. Grigorov „Снижение уровня шумов в усилителях низкой частоты” (Снижение уровня шумов в усилителях низкой частоты), Moskwa 1956.

Skutecznym sposobem walki z przydźwiękiem jest zastosowanie metod kompensacyjnych. Ogólna zasada działania metody polega na tym, że na siatkę lub katodę którejkolwiek lampy przedwzmacniacza (przeważnie pierwszej) podaje się napięcie o częstotliwości przydźwięku. Fazę i amplitudę tego napięcia wybiera się tak, aby maksymalnie obniżyć poziom przydźwięku na wyjściu wzmacniacza. Należy jednak zauważyć, że wzmacniacz powinien mieć „normalny” poziom przydźwięku, tzn. powinien mieć dobrze pracujący filtr, ponieważ w przeciwnym przypadku podanie zbyt dużych napięć kompensujących na siatkę lub katodę lampy wzmacniacza może spowodować przejście punktu pracy na nieliniową część charakterystyki, co spowoduje zwiększenie zniekształceń nieliniowych.

Najprostszym sposobem kompensacji jest zastosowanie cewki żarzenia z uziemionym punktem środkowym (**rysunek 12a**). Działanie takiego obwodu można opisać następująco. Załóżmy, że w lampie o bezpośrednim żarzeniu, zasilanej prądem przemiennym, jeden z końców włókna żarzenia (2) jest uziemiony (**rysunek 12b**). Wówczas między siatką sterującą i drugim końcem włókna żarzenia (1) jest przyłożone napięcie przemienne. W efekcie prąd anodowy



Rysunek 12. Redukcja przydźwięku dzięki uziemieniu środkowego punktu żarzenia cewki transformatora

lampy jest modulowany tym przemienным napięciem. Jeśli jednak uziemić punkt środkowy włókna żarzenia lampy (**rysunek 12c**), to moduł przemiennego napięcia żarzenia między doprowadzeniami 1 i 2 tego włókna jest dwa razy mniejszy, a oprócz tego, w przeciwnej fazie. W rezultacie prąd anodowy nie będzie modulowany przez przemienne napięcie żarzenia. To samo ma miejsce przy uziemieniu środkowego punktu cewki żarzenia transformatora zasilania.

Z przytoczonego wyżej opisu wynika, że nawet przy wykorzystaniu lamp z żarzeniem pośrednim, uziemienie jednego z końców włókna żarzenia nie jest wskazane, ponieważ podnosi poziom przydźwięku sieciowego na wyjściu wzmacniacza, tym bardziej że niektóre egzemplarze lamp mają słabo odizolowane włókno żarzenia od katody.

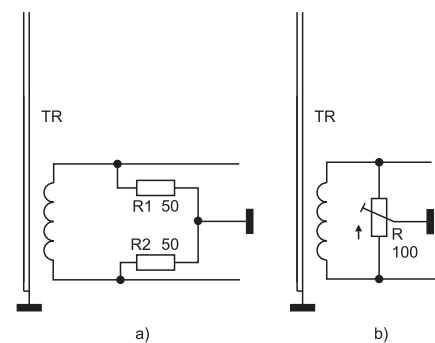
W przypadku użycia gotowego transformatora zasilania, który nie ma środkowego wyprowadzenia cewki żarzenia, środkowy punkt można utworzyć sztucznie. Należy uziemić oba końce cewki żarzenia transformatora TR przez jednakowe rezystory R1 i R2 o wartości 50...100 Ω (**rysunek 13a**). Jeszcze lepiej jest użyć do tego celu zmiennego rezystora drutowego R (**rysunek 13b**). W takiej sytuacji, zmieniając rezystancję potencjometru, możemy ustawić minimalny poziom przydźwięku sieciowego na wyjściu wzmacniacza.

Lepszy obwód kompensacji przydźwięku pokazano na **rysunku 14**. W tym przypadku końce włókna żarzenia lampy L są uziemione przez rezystory R1 i R2. Obracając oś zmiennego rezystora R4, mamy możliwość otrzymania napięcia kompensującego o różnej amplitudzie i fazie, które jest podawane na rezystor R7 i poprzez niego wpływa na obwód automatycznej polaryzacji lampy. Napięcie, które otrzy-

muje na tym rezystorze jest przyłożone pomiędzy siatką a katodą lampy i stanowi napięcie kompensujące. Dzięki temu prąd anodowy nie jest modulowany napięciem przydźwięku. Kondensator C1 redukuje wpływ napięcia zaburzeń o innych częstotliwościach, które mogły przeniknąć do obwodów lampy.

W opisanych schematach kompensacji wykorzystane było napięcie o częstotliwości 50 Hz. Jednak w skład napięcia anodowego wchodzi również harmoniczne o wyższych częstotliwościach (na przykład 100 Hz przy zasilaniu z prostownika dwupołkowego), które nie mogą być skompensowane opisanymi wyżej sposobami.

Do eliminacji częstotliwości harmonicznych może służyć dławik filtra, który ma dodatkową cewkę kompensacji (W4-3) z uziemionym punktem środkowym (patrz rysunek 5 strona 107 w EP 5/2010). Obie części cewki kompensacyjnej W4-3 dławika L4 filtra zasilania podają na wyprowadzenia potencjometru R5 napięcia o przeciwnej fazie, które dokładnie odpowiadają składowej zmiennej napięcia zasilania anodowego. Pozwala to skompensować przydźwięk powstający na skutek niedostatecznej filtracji napięcia anodowego.



Rysunek 13. Proste metody kompensacji

Wykorzystanie opisywanego obwodu (rysunek 5) w połączeniu ze schematami z rysunków 12...14 pozwala praktycznie zupełnie zminimalizować przydźwięk sieciowy do ok. 90 dB poniżej poziomu sygnału użytkowego. Dzięki temu poleca się tę metodę dla wzmacniaczy wysokiej jakości.

Wzmacniacz lampowy m.cz. o minimalnym poziomie szumów

Zastosowanie obwodów kompensacyjnych oraz niektóre aspekty konstrukcji i montażu związane z redukcją przydźwięku sieciowego najlepiej jest pokazać na przykładzie konkretnej aplikacji wzmacniacza.

W przedwzmacniaczu są wszystkie niezbędne elementy sterowania (regulatory głośności, barwy dźwięku i przełącznik trybu pracy). Obie jego lampy są umieszczone w specjalnym ekranie magnetycznym i mają miękkie mocowanie podstawek lampowych, co chroni je od zewnętrznych oddziaływań i efektu mikrofonowego. Potencjometry regulacji siły i barwy głosu, wraz ze składowymi elementami ich obwodów, są umieszczone w ekranie magnetycznym. Podobne środki zabezpieczenia są zastosowane również w odniesieniu do przełącznika trybu pracy, a także regulatorów barwy dźwięku.

Wszystkie rezystory zmienne należy sprawdzić na brak trzasków, szmerów, kontakt w położeniach krańcowych i płynne narastanie wielkości rezystancji (od 0 do wartości maksymalnej). Kondensatory elektrolityczne powinny być sprawdzone pod kątem upływowości, która przy napięciu nominalnym nie powinna przewyższać 0,05 mA/μF. Jako pozostałe należy zastosować kondensatory mikowe o tolerancji 5%.

Uziemienie należy podłączyć we wskazanej na schemacie kolejności: od początku wspólnej szyny wykonanej z grubego, posrebrzonego drutu i połączonego z korpusem tylko w jednym punkcie obok wejścia wzmacniacza.

Do montażu elementów należy użyć płytek montażowych z dobrego materiału izolacyjnego (nie z tekstolitu). Odległości pomiędzy sąsiednimi nóżkami (wyprowadzeniami) płytki powinny być większe od 1 cm. Lut powinien zabezpieczyć dostatecznie pewne mocowanie elementów i właściwy kontakt elektryczny. Przy lutowaniu do źle ocynowanej powierzchni stalowej rezystancja przejścia może osiągać kilkadziesiąt omów, dlatego należy w ogóle unikać lutowania do stalowych kontaktów.

Wyjściowym układem przedwzmacniacza jest wtórnik katodowy, z którego sygnał kablem koncentrycznym (typu RK-1 o oporności falowej 75 Ω) podaje się na końcówkę mocy. Zastosowanie wtórника katodowego pozwala podłączyć kabel praktycznie dowolnej długości, bez wpływu na charak-

terystryki częstotliwościowe przenoszenia sygnału.

Układ wyjściowy (rysunek 15) jest zmontowany wspólnie z blokiem zasilania na pojedynczym chassis. Wszystkie regulacje wykonuje się na etapie rozruchu. Polegają one na nastawach balansu lamp wyjściowych i kompensacji przydźwięku.

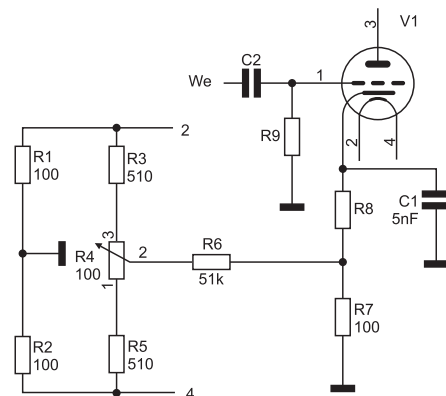
W układzie końcowym wzmacniacza nie ma ustawień zależnych od częstotliwości, co daje możliwość wprowadzenia do wzmacniacza głębokiego sprzężenia zwrotnego zależnego od częstotliwości, którego napięcie, otrzymywane z uzwojenia wtórnego transformatora wyjściowego TR2, wprowadzone jest w obwód katody lampy V1a. Do tego samego obwodu podaje się także napięcie z rezystora R31, które kompensuje napięcie przydźwięku.

Dobór rezystora R31 wykonuje się typowo dla obwodów kompensacji, tzn. w położeniach regulatorów barwy dźwięku wprowadzających maksymalne wzmocnienie niskich i osłabienie składowych o wysokich częstotliwościach, i przy maksymalnym położeniu regulatora siły głosu. Wejście przedwzmacniacza należy przy tym zewrzeć. Aby osiągnąć dokładniejszą kompensację, ustawienia należy przeprowadzać przy nieco podwyższonym napięciu zasilania (o 5...10%).

Wzmacniacz można wyregulować dostatecznie dokładnie metodą na ucho, regulując aż do uzyskania minimalnego poziomu przydźwięku sieciowego słyszalnego z głośników. Dokładniejsze ustawienia można wykonać, wykorzystując odpowiedni woltomierz lub oscyloskop, które należy podłączyć równolegle do cewki głośnika. Po wyregulowaniu wzmacniacza, na jego wyjściu nie powinien być słyszalny przydźwięk. W sytuacji, idealnej przy zwartym wejściu wzmacniacza, użytkownik nie powinien usłyszeć czy jest on włączony, czy też nie.

Na schemacie z rysunku 15 widać, że anoda wzmacniającej lampy V1a wzmacniacza mocy jest połączona bezpośrednio z siatką inwertora fazy V1b. Dodatkowo napięcie na siatce, które otrzymujemy przy takim połączeniu, jest skompensowane przez dodatnie napięcie polaryzacji na rezystorze R6. Takie włączenie inwertora fazy umożliwia znaczne polepszenie charakterystyki fazowej wzmacniacza w zakresie niskich częstotliwości.

Napięcia o przeciwnych fazach, które otrzymujemy na wyjściach inwertora fazy, są wzmacniane przez lampy V2a i V2b i podawane na siatki sterujące wyjściowych lamp mocy V3 i V4. Potencjometr R20 służy do ustawiania punktów pracy lamp wyjściowych, a za pomocą potencjometru R17 wykonuje się dokładną nastawę balansu lamp wyjściowych.



Rysunek 14. Włączenie kompensacji w obwód katody

Aby wykonać nastawę balansu, należy odłączyć zworę J i podłączyć zamiast niej woltomierz o zakresie 3 V. Obracając oś potencjometru R17, ustawiamy jednakowe prądy anodowe obu lamp, o czym świadczą zerowe wskazania woltomierza.

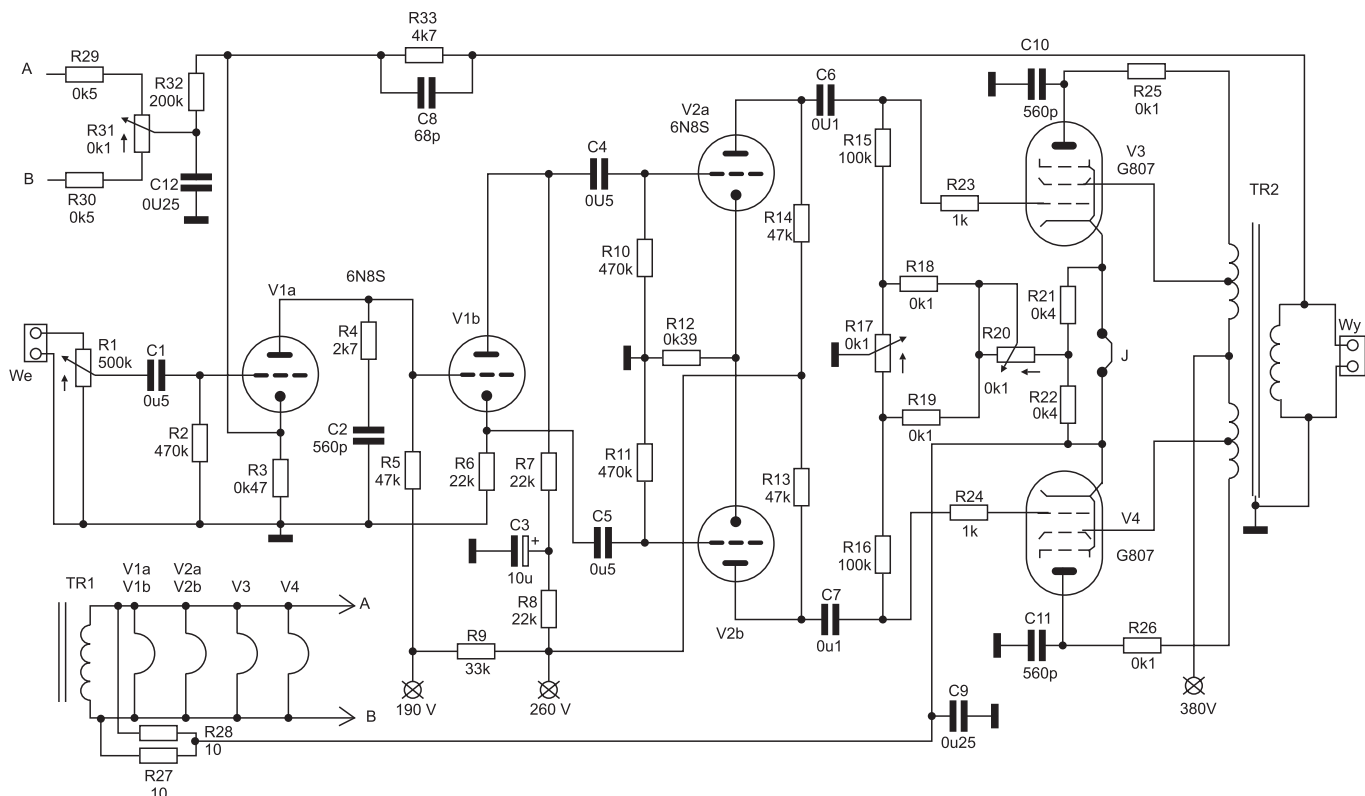
Po nastawie balansu należy znów włączyć zworę J i przystąpić do ustawienia punktów pracy lamp wyjściowych. Obracając oś potencjometru R20, powinniśmy otrzymać znamionowe wartości napięć polaryzacji na siatkach sterujących lamp, co można zmierzyć woltomierzem o dostatecznie dużej rezystancji wejściowej.

Następnie należy jeszcze raz dokładnie sprawdzić symetrię wzmacniacza, włączając zamiast zwory J woltomierz i w razie potrzeby ponownie wyregulować.

Otrzymane na katodach lamp wyjściowych stałe dodatnie napięcie podajemy na punkt środkowy cewki żarzenia transformatora zasilania TR2. W ten sposób włókna żarzenia wszystkich lamp wzmacniacza mocy mają stałą, dodatnią polaryzację, co znacznie obniża poziom przydźwięku.

Sposób włączenia lamp mocy jest szczególnie przydatny. Przy połączeniu siatek ekranujących lamp bezpośrednio z anodami otrzymuje się triodowy układ pracy lamp, który charakteryzuje się dość niską opornością wyjściową wzmacniacza, małymi zniekształceniami nieliniowymi i intermodulacyjnymi, ale za to małą czułością układu i względnie małą mocą wyjściową. Z drugiej strony, przy podłączeniu siatek ekranujących do środkowego punktu pierwotnego uzwojenia transformatora wyjściowego (do źródła zasilania anodowego), otrzymuje się układ tetrodowy, który charakteryzuje się dużą czułością i dużą mocą wyjściową, ale za to dużą rezystancją wyjściową i dużymi (w porównaniu z konfiguracją triodową) zniekształceniami nieliniowymi i intermodulacyjnymi.

Przesuwając punkty przyłączenia siatek ekranujących od anod do punktu środkowego cewki pierwotnej transformatora wyjściowego, otrzymuje się cały szereg przejściowych układów pracy lamp wyj-



Rysunek 15. Wzmacniacz wysokiej klasy o mocy wyjściowej 25 W przy zniekształceniach mniejszych od 1%

ściowych, które przy prawidłowym wyborze punktów przyłączenia łączą w sobie zalety konfiguracji tetrodowej i triodowej oraz są wolne od ich wad. Zauważmy, że ten układ nie jest po prostu układem ze sprzężeniem zwrotnym, lecz jednocześnie lampy są w nim włączone w szczególny sposób.

Przy podłączeniu lamp wyjściowych w sposób identyczny lub zbliżony do tego ze schematu na rysunku 15 i prawidłowym wyborze punktów przyłączenia transformatora do siatek ekranujących, moc wyjściowa jest obniżana tylko nieznacznie, ale zniekształcenia nieliniowe osiągają poziom znacznie mniejszy niż nawet przy lampach pracujących w układzie triodowym.

Optymalnym położeniem punktów wprowadzeń na siatki ekranujące jest 24% uzwojenia cewki, licząc od jej środkowego punktu. Tak podłączony układ ma następujące zalety w porównaniu z konwencjonalnym:

- duża moc wyjściowa (około 90...95% mocy osiąganą w układzie tetrodowym),

- niska rezystancja wyjściowa (w porównaniu z włączeniem tetrodowym zmniejsza się co najmniej dziesięciokrotnie),
- bardziej równomierna charakterystyka częstotliwościowa w całym paśmie przenoszenia w porównaniu z układem tetrodowym lub triodowym,
- minimalne zniekształcenia nieliniowe i intermodulacyjne.

Przy zastosowaniu w stopniu mocy lamp G-807 wzmacniacz ma moc 25...30 W, natomiast lamp 6P3S – 10...15 W.

Niezmiernie ważnym podzespołem w omawianym wzmacniaczu, bez którego nie da się uzyskać dobrych jego parametrów, jest wyjściowy transformator głośnikowy. Powinien on mieć nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej na poziomie ± 1 dB w paśmie od 10 Hz do 100 kHz (przy podłączeniu do ekwiwalentnego obciążenia aktywnego).

W opisywanym przypadku wzmacniacz ma nierównomierność charakterystyki w granicach ± 1 dB w zakresie od 20 Hz do 20 kHz, przy mocy wyjściowej 25 W i znie-

kształceniach nieliniowych zmierzonych przy maksymalnej mocy wyjściowej mniejszych od 1%.

Wskazówki montażowe

Wzmacniacz powinien być wykonany tylko ze starannie sprawdzonych elementów o wysokiej jakości. Rezystory R21 i R22 powinny być rezystorami drutowymi, a wartość ich rezystancji nie powinna odbiegać od znamionowej o więcej niż 1%. Rezystory R6 i R7, R10 i R11, R13 i R14, R15 i R16 oraz szczególnie R21 i R22 należy dobierać parami (ich rezystancje muszą być sobie równe) w granicach dokładności miernika. Wszystkie kondensatory separujące należy sprawdzić pod kątem upływowości, a kondensatory C4 i C5, C6 i C7 muszą być jednakowe. Aby zapewnić minimalny poziom szumów, wszystkie uziemienia powinny być podłączone do szyny zerowej, która jest połączona z chassis tylko w punkcie wejściowym sygnału (We). Dla uniknięcia efektu mikrofonowego końcówka mocy powinna być dobrze amortyzowana.

Jerzy Grnaderjan

R E K L A M A

sklep.avt.pl