

Stabilizacja napięcia polaryzacji lamp

Temat układów elektronicznych zbudowanych w oparciu o lampy elektronowe wydaje się być nieco przestarzały. Mimo tego stale konstruowane są układy lampowych wzmacniaczy audio i uważane za takie z „wyższej półki”. Artykułów na temat sposobów stosowania lamp na próżno szukać we współczesnej literaturze. Dlatego też wychodząc naprzeciw potrzebom Czytelników, publikujemy kolejną garść porad technicznych dotyczących sposobów stosowania lamp we własnych konstrukcjach. Artykuł jest ciekawym uzupełnieniem projektu „Potencjometru lampowego”.

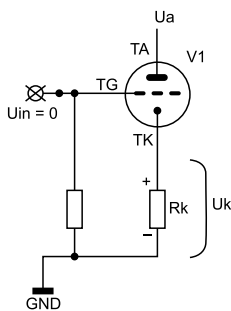
Położenie punktu pracy lampy elektronowej (triody) jest ustalane za pomocą napięć występujących na anodzie i siatce sterującej względem katody. W ten sposób jest wybierany punkt pracy statycznej, czyli punkt pracy przy braku sygnału wejściowego. Napięcie pomiędzy katodą a siatką sterującą jest powszechnie nazywane napięciem polaryzacji. To ono w głównej mierze ustala położenie punktu pracy. W większości przypadków stosowane są dwa sposoby otrzymania i doprowadzenia napięcia polaryzacji na elektrody lampy.

Polaryzacja za pomocą rezystora katodowego

Pierwszy z nich polega na włączeniu w obwód katody odpowiedniego rezystora (rysunek 1). Prąd katodowy płynący przez ten rezystor wytwarza spadek napięcia U_k względem ogólnej masy układu. Do tej samej masy jest też za pośrednictwem rezystora R_g przyłączona siatka sterująca lampy. W ten sposób pomiędzy katodą i siatką zostaje przyłożone napięcie polaryzacji, którego wartość można łatwo zmieniać poprzez zmianę rezystancji rezystora R_k . Jest to metoda zwana autopolaryzacją lub polaryzacją katodową. Ma ona dwie ważne zalety:

- nie wymaga dodatkowego źródła napięcia, $U_{in} = 0$
 - układ automatycznie stabilizuje swój punkt pracy.
- Przypuśćmy,

że z pewnych przyczyn (zmiana napięcia zasilania



Rysunek 1. Sposób dołączenia rezystora katodowego R_k

nia, starzenie się elementów itp.) zmienił się prąd katody lampy. W praktyce oznacza to, że zmienia się położenie punktu pracy, co może pogorszyć parametry wzmacniacza. Jeśli prąd katody zmniejszył się, to maleje również spadek napięcia na rezystorze R_k . Tym samym zmniejszy się napięcie polaryzacji lampy i wzrośnie prąd katodowy, a więc nastąpi częściowa kompensacja zmiany napięcia katodowego.

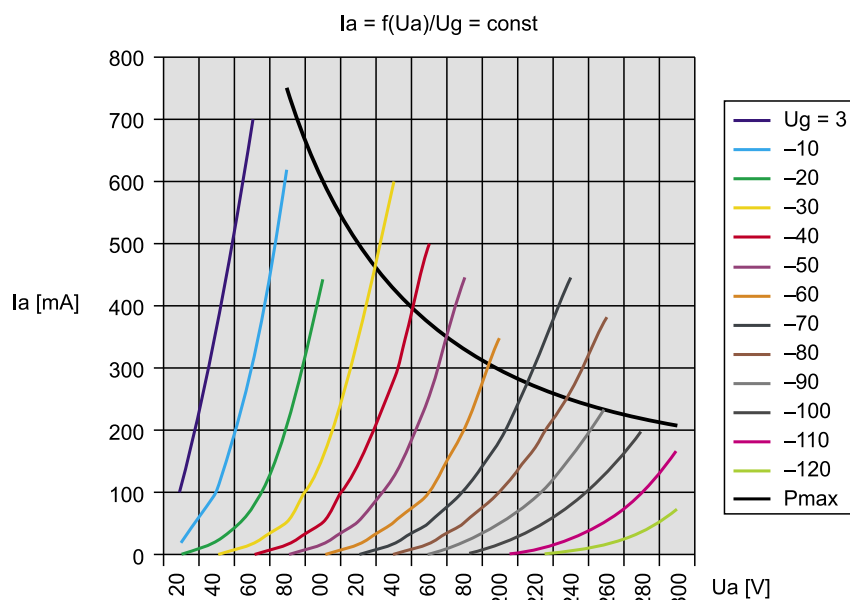
Nie należy jednak uważać, że autopolaryzacja ma same zalety. Rezystor R_k włączony w obwód katody zmniejsza współczynnik wzmocnienia napięciowego. Aby zminimalizować jego wpływ, należy zobcznikować go dla prądu zmiennego kondensatorem. Należy to zrobić w całym zakresie przenoszonych częstotliwości, więc kondensator powinien mieć pojemność setek, a może nawet tysięcy mikrofaradów. W takim przypadku trzeba

liczyć się ze znacznymi wymiarami mechanicznymi kondensatora. Kolejną wadą jest strata części napięcia zasilania na rezystorze R_k , co w stopniach wyjściowych prowadzi do konieczności podwyższenia napięcia zasilania, stosowania kondensatorów o wysokim napięciu nominalnym, co znowuż wpływa na ich wymiary.

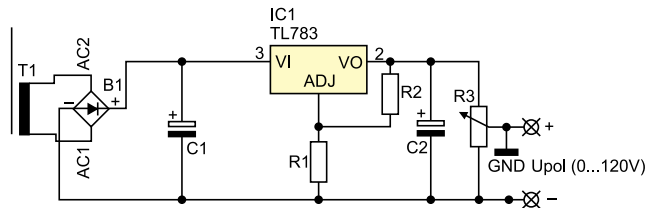
Istnieje jeszcze jeden parametr, który utrudnia wykorzystanie układu autopolaryzacji w stopniach wyjściowych: moc rozpraszana na rezystorze R_k . Dla przykładu, wybierzmy lampę 6S33S (oznaczenie oryginalne 6C33C). Na rysunku 2 zilustrowano jej charakterystykę wyjściową. Niech nasz punkt pracy znajduje się w miejscu $U_a = 170$ V, $I_a = 350$ mA. Odpowiada mu napięcie polaryzacji $U_g = -50$ V. Oznacza to, że na rezystorze R_k powinien odkładać się spadek 50 V, co przy prądzie I_a wynoszącym 350 mA daje moc traconą $P = 17,5$ W. Tworzy to szereg trudności konstrukcyjnych, takich jak wymiary i mocowanie odpowiednich rezystorów i odprowadzenie ciepła poprzez otwory wentylacyjne, które nie powinny przy tym psuć wyglądu zewnętrznego wzmacniacza.

Polaryzacja za pomocą źródła napięcia dodatkowego

W związku z takimi wadami polaryzacji za pomocą rezystora katodowego, często



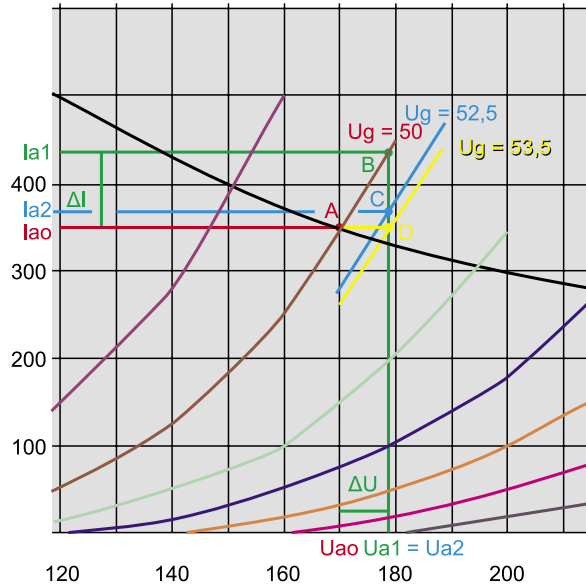
Rysunek 2. Charakterystyka wyjściowa lampy 6S33S



Rysunek 3. Przykładowa konstrukcja źródła napięcia pomocniczego. Uwagi w tekście

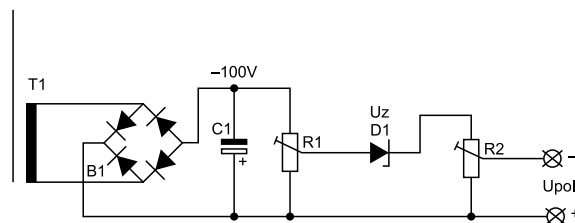
jest używana inna metoda polaryzacji – polaryzacja za pomocą dodatkowego źródła napięcia. Przy projektowaniu wzmacniacza od przysłowiowego zera, to znaczy jeśli nie są używane gotowe bloki i komponenty innych urządzeń, konstrukcja takiego dodatkowego źródła napięcia nie sprawia specjalnych trudności. Do jego budowy można użyć dodatkowego uzwojenia nawiniętego na karkasie transformatora zasilającego. W związku z tym, że nie jest wymagany duży prąd obciążenia, to może ono być nawinięte cienkim drutem. Za uzwojeniem należy włączyć mostek prostowniczy, kondensatory filtrujące i stabilizator napięcia, do wyjścia którego należy dołączyć potencjometr pozwalający na płynną regulację napięcia polaryzacji. Przykładowy projekt takiego źródła pomocniczego pokazano na **rysunku 3**.

Jednak i taki „sztywny” sposób polaryzacji nie jest pozbawiony wad. Na **rysunku 4** zamieszczono powiększoną w okolicach punktu pracy charakterystykę wyjściową lampy 6S33S. Przypuśćmy, że napięcie zasilania wzrosło o 5%,



Rysunek 4. Ilustracja kompensacji zmian napięcia zasilania

czyli $\Delta U = 0,05 \times 170 = 8,5$ V. Ponieważ napięcie polaryzacji ze względu na zastosowany stabilizator nie zmieniło się, to nowy punkt



Rysunek 5. Źródło napięcia pomocniczego z kompensacją wpływu zmian napięcia zasilania

pracy lampy (B) leży na współrzędnych $U_{a1} = U_{ao} + \Delta U = 170 + 8,5 = 178,5$ V i $U_g = -50$ V, a odpowiadający mu prąd wynosi $I_{a1} = I_{ao} + \Delta I = 435$ mA. Jest to zmiana o około 25%, która przemieszcza punkt pracy daleko poza krzywą dopuszczalnej mocy ograniczającą obszar roboczy. W rezultacie może to doprowadzić do uszkodzenia wzmacniacza.

Jeśli napięcie polaryzacji nie będzie stabilizowane, to również zmieni się ono o 5% ($U_g = (-50) + (-2,5) = -52,5$ V). Otrzymamy nowy punkt pracy (C) o współrzędnych $U_{a2} = 178,5$ V i $U_g = -52,5$ V. Odpowiada mu nowe natężenie prądu anodowego I_{a2} . Już na pierwszy rzut oka widać, że I_{a2} znacznie mniej różni się od I_{ao} niż I_{a1} . Zmiana prądu jest przynajmniej 3-, 4-krotnie mniejsza. Tak więc stabilizacja napięcia polaryzacji nie tylko nie przynosi pożytku, ale wręcz szkodzi lampie.

Na **rysunku 4** pokazano, że gdyby napięcie polaryzacji zmieniło się do $U_g = -53,5$ V, to zmiana U_a zostałaby skompensowana, czyli prąd anodowy pozostałby bez zmian (punkt D). Schemat układu pozwalającego otrzymać praktycznie dowolne napięcie polaryzacji z regulowanym odchyleniem procentowym od wartości znamionowej przy zmianie napięcia zasilania zamieszczono na **rysunku 5**. Na kondensatorze C1 występuje napięcie -100 V. Potencjometrem R1 ustawiamy wielkość, która przy 5% odchyleniu napięcia zasilania da zmianę o 3,5 V, czyli $U_s = -3,5 / 0,05 = -70$ V (napięcie w punkcie S). Aby na wyjściu otrzymać potrzebne napięcie -50 V, włączamy diodę Zenera o napięciu $U_z = U_s - U_{pol} = 70 - 50 = 20$ V. W ten sposób otrzymujemy potrzebne U_{pol} z odchyleniem pozwalającym skompensować zmianę prądu anodowego.

Jerzy Grnaderjan
jurekl4@gazeta.pl

R E K L A M A

Uniwersalny moduł stabilizatora 500mA

AVTMOD13/5
Vout 5V/500mA

AVTMOD13/9
Vout 9V/500mA

AVTMOD13/12
Vout 12V/500mA

www.sklep.avt.pl