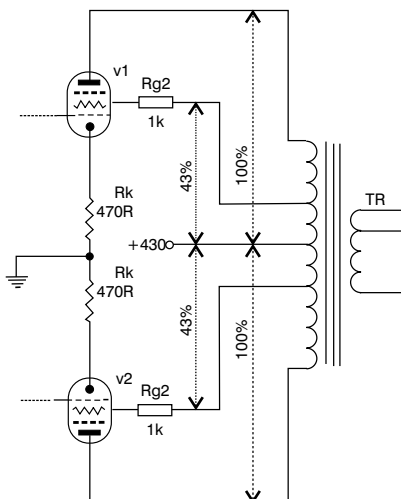


# Lampy mocy, część 2

W serii artykułów opisujących zasady konstruowania audiofilskich wzmacniaczy lampowych przedstawiamy kolejny temat: podstawowe zasady eksploatacji próżniowych lamp mocy oraz najprostsze sposoby ich polaryzowania.

Większość naturalnych uszkodzeń lamp sprowadza się do:

- utrąty emisji katody,
- przepalenia włókna żarzenia,
- pogorszenia próżni w lampie,
- zwarcia lub uszkodzenia izolacji między elektrodami.



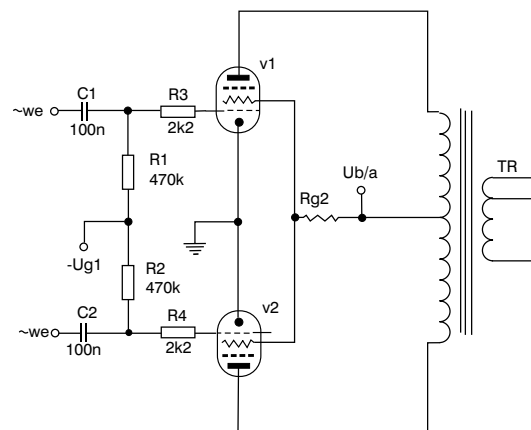
Rys. 1. Konfiguracja typu "ultralinear".

Maksymalna temperatura bańki nie powinna przekraczać 220°C, o ile nie podano dla danego typu lampy innej wartości, przy temperaturze otoczenia 20°C. Nadmierny wzrost temperatury elementów lampy prowadzi do elektrolizy szkła i izolacji grzejnika, uwalniania się tzw. gazów okluzyjnych zawartych w częściach metalowych, których już śladowe ilości pogarszają próżnię, a w formie jonów, bombardując katodę, szybko skracają jej trwałość. Tzw. bombardowanie jonowe jest szczególnie nasilone po przekroczeniu dopuszczalnych napięć anody i siatki ekranowej. Sygnałem wskazującym na spadek próżni w lampie może być pojawienie się wokół katody delikatnej zielononiebieskiej poświaty. Ostatnią deską ratunku może być natychmiastowe odłączenie napięcia anodowego i siatki ekranującej przy utrzymanym napięciu żarzenia i umożliwienie znajdującemu się wewnątrz lampy pochłaniaczowi (tzw. getter - lustrzana powłoka wewnątrz kulistego wierzchołka) wychwycenie szkodliwych jonów. Lampa, która utraciła próżnię jest bezużyteczna.

Tu trzeba wspomnieć, że błękitne świecenie (ang. blue glowing) na powierzchni (wewnętrznej) szklanej bańki, szczególnie w miejscach leżących naprzeciw otworów w anodzie oraz

dyskretne świecenie wewnętrznej powierzchni samych anod jest zjawiskiem naturalnym i nie świadczy o nieprawidłowym funkcjonowaniu lampy. Bardzo korzystne jest wymuszanie chłodzenia za pomocą małego wentylatora. Dla tetrod i pentod niebezpieczne jest odłączanie napięcia anody przy istnieniu napięcia na siatce ekranującej. Cały prąd, którego większa część trafia zwykle do anody ( $I_{s2} = 0,15..0,3I_a$ ), płynie wówczas przez siatkę ekranującą i jeżeli w jej obwodzie nie ma dostatecznie dużej oporności, wydziela się na niej znaczna moc, powodując wzrost jej temperatury, a tym samym wydzielanie się gazu z materiału, z którego jest wykonana, co oczywiście pogarsza próżnię. Bywa, że siatka ekranująca ulega stopieniu.

W tym miejscu trzeba wspomnieć o konieczności stosowania przełącznika *Standby*. Jego obecność, umożliwiająca ok. 1-minutowe nagrzewanie się katody i wszystkich wewnętrznych elementów bez przepływu prądu przez lampę, znacznie przedłuża jej żywotność. Najczęściej jego rola polega na odcięciu napięcia zasilającego, zarówno anody jak i siatki ekranowej, choć wystarcza tylko odcięcie zasilania siatek ekranowych. Z powodów wyżej opisanych, złą metodą realizacji funkcji *Standby* jest odłączanie wyłącznie napięcia anodowego. Nie należy również zbyt długo zostawiać wzmacniacza na „biegu jałowym"! Uszkodzenie lampy wskutek przegrzania drugiej siatki jest zjawiskiem dość częstym we wzmacniaczach gitarowych. Niedopuszczalne jest odłączenie ujemnego napięcia siatki sterującej przy normalnych napięciach  $U_a$  i  $U_{s2}$ . Prowadzi to do natychmiastowego uszkodzenia lampy na skutek gwałtownego przegrzania anody i wydzielania się gazów okluzyjnych.



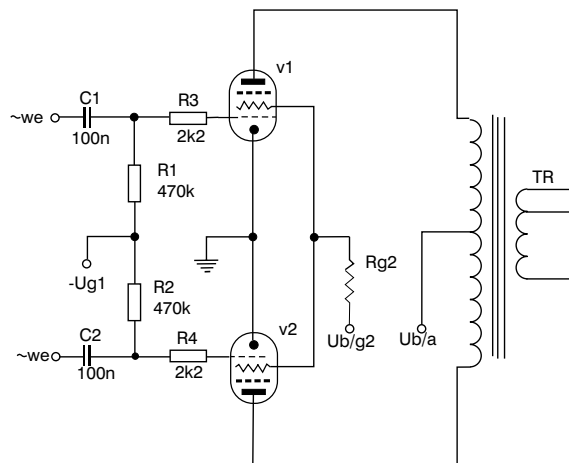
Rys. 2. Polaryzacja typu "fixed bias".

Przy stosowaniu we wzmacniaczach w klasie B lub AB lamp o dużym nachyleniu charakterystyki  $S_a$ , oporność upływowa  $R_s$  siatek sterujących powinna być minimalna. Związane jest to z pojawieniem się prądu tych siatek w chwili, gdy amplituda sygnału sterującego przekracza bezwzględnie wartość ujemnego napięcia siatki. Ma to miejsce szczególnie przy sterowaniu sygnałem sinusoidalnym. Prąd ten będzie ładował kondensator separujący do pewnego napięcia, przesuwającego niebezpiecznie punkt pracy w prawo. W skrajnych przypadkach prąd katody może narastać lawinowo doprowadzając do uszkodzenia lampy. Stąd stała czasowa RC w obwodzie siatki sterującej lampy mocy powinna być mniejsza niż 0,02. Niektórzy producenci stosują stałą  $RC = 0,01$ ! We wzmacniaczach, w których w sposób zamierzony przesterowujemy stopień mocy należy stosować rezystory  $R_s=100k\Omega$  i kondensatory sprzęgające o wartości 22..47nF (vide Marshall Super Lead). Rezystory blokujące siatki sterujące, jak i siatki ekranowe powinny być przyłutowane bezpośrednio do podstawki. Rezystory w obwodzie zasilania siatek ekranujących muszą być obliczone na dość duże obciążenie. Siatka S2 lampy EL34 może oddawać moc do 12W, dlatego, ze względu na możliwość stałego przesterowania lamp końcowych, najlepiej jest stosować osobne rezystory dla każdej siatki, o wartości 470..1000 $\Omega$ /5..10W. Dzięki nim podczas przesterowywania powstaje, niejako automatycznie, znaczny spadek napięcia zasilającego te siatki, przesuwający punkt pracy w lewo, tym samym ograniczający oddawaną moc. Takie rozwiązanie jest szczególnie korzystne w przypadku pracy w trybie triodowym, gdy S2 jest przyłączana przez ten rezystor do anody i bierze bezpośredni udział we wzmocnieniu sygnału. Ten mechanizm jest również odpowiedzialny za powstanie słynnej „lampowej” kompresji. Nie jest zalecane montowanie współcześnie produkowanych lamp w pozycji poziomej lub pionowej „do góry nogami”. Zwyczaj ten utrwał się w czasach (ok. 1972 roku), kiedy firma Fender stosowała w swoich produktach tetrody 6L6G-STR, specjalnie dla niej opracowane, wytrzymujące napięcie anody do 500V i celowo do takiego montażu przystosowane. Jako ciekawostkę warto wspomnieć fakt, że pierwszy model lampy 6L6 (powstał w 1936r.) posiadał metalową obudowę i moc zaledwie 12,5W. W przypadku samodzielnego konstruowania wzmacniacza lampowego należy ściśle przestrzegać zasady nieprzekraczania dopuszczalnych parametrów, napięć i prądów poszczególnych elektrod, określo-

nych w katalogach. Dotyczy to również napięcia żarzenia, które nie powinno różnić się o  $\pm 5\%$  od wartości 6,3V. Za małe napięcie żarzenia jest powodem „zatrutowania” katody gazami szczątkowymi, tym znaczniejszego im niższa jest jej temperatura. Z takim zjawiskiem należy się liczyć w przypadku wzmacniaczy fabrycznie wyposażonych w przełączniki „dodające” pewną liczbę zwojów do uzwojenia pierwotnego transformatora sieciowego. Jest to „sztuczka” nawiązująca do eksperymentów E. V. Halena z zasilaniem całego wzmacniacza obniżonym napięciem za pomocą autotransformatora (Variac). Zwyczajowo, na tylnej ścianie znajdujemy wtedy przełącznik Variac Mode lub Spongy/Bold. Z kolei podwyższenie napięcia żarzenia już o 10% podnosi jej temperaturę o ok. 3%, powodując jednocześnie 2..3-krotne skrócenie jej trwałości.

Przekroczenie dopuszczalnego prądu katody jest równoznaczne z przekroczeniem dopuszczalnego prądu emisyjnego, określanego w mA/cm<sup>2</sup>, który dla większości spotkanych lamp wynosi 20..150mA/cm<sup>2</sup> oraz wzrostem oporu skrośnego warstwy emisyjnej katody.

Przykładowo, przy umiarkowanych gęstościach prądu emisyjnego trwałość katody wynosi ok. 5000 godzin. Po przekroczeniu 200mA/cm<sup>2</sup> maleje ona gwałtownie, spadając do kilkudziesięciu godzin. Analiza wielu różnych schematów fabrycznych wzmacniaczy wiedzie do wniosku, że powstały one w czasach, w których nie liczone się z problemem dostępności lamp! Lampa prawidłowo eksploatowana we właściwie zaprojektowanym i wykonanym obwodzie, w sposób naturalny, po kilku tysiącach godzin pracy, traci zdolność do prawidłowego funkcjonowania wskutek utraty emisji katody, spadku nachylenia charakterystyki, pojawienia się prądu jonowego siatki sterującej. W przypadku wzmacniaczy wyjątkowo ostro eksploatowanych, szczególnie gdy końcówka mocy jest głównym źródłem „przesteru”, lampy mogą „paść” już po 100..200 godzinach! Przyjmuje się, że obniżenie parametrów o 10..25% czyni lampę niezdolną do dalszej eksploatacji. Wymiana powinna obejmować cały komplet, gdyż pozostawienie np. jednej pozornie dobrej lampy może spowodować przyspieszone zużycie pozostałych. Ponadto zachowana zostanie bardzo istotna dla układu przeciwsobnego symetria. W przypadku nieposiadania lamp firmowo dobieranych w parę (ang. matched tubes), ale przynajmniej z jed-



Rys. 3. Polaryzacja typu „fixed bias” - zasilanie z dwóch źródeł wysokiego napięcia”.

nej serii, od jednego producenta i gdy nie dysponujemy odpowiednim miernikiem (np. P-508), można je zgrubnie „rozstawić” poprzez pomiar napięcia na rezystorze katodowym, np. 10 $\Omega$ /1%, przy ustalonym, jednakowym ujemnym napięciu na siatkach sterujących. Zasada może być (w przypadku czterech lamp) wstawienie np. do „wewnątrz” dwóch lamp o największym prądzie katody, a na „zewnątrz” o najmniejszym. Z kolei w parze po stronie np. prawej powinny się znaleźć lampy o większym prądzie, a po stronie lewej o mniejszym. Taka konfiguracja umożliwi ustawienie przyzwoitej symetrii i równomierną dystrybucję oddawanej mocy. Różnica sumarycznego prądu na biegu jałowym obydwu par nie powinna przekraczać 5..10mA. Asymetria powyżej 10mA zaowocuje wyraźnie słyszalnym przydźwiękiem 100Hz. W amatorskich konstrukcjach można z powodzeniem stosować całą gamę lamp, zwykle nie spotykanych w konstrukcjach profesjonalnych. Od małych, typu trioda - pentoda: ECL (PCL) -82, -85, -86 oraz pentod EL (PL) 81, E84L, EL86, po duże, stosowane jako wzmacniacze odchylenia poziomego w starych typach telewizorów, EL (PL)36, EL(PL)500, -504, E130L czy rosyjską 6P45S. Te ostatnie są - w przeciwieństwie do EL34 - lampami „prądowymi” o znacznym dopuszczalnym prądzie katody, sięgającym nawet 400mA! Posiadają one także wyprowadzoną na wierzchołku bańki anodę, co czyni je odpornymi na przebicie izolacji cokołu, przy wysokich napięciach anodowych.

Schematy na rys. 1..3 ilustrują wybrane konfiguracje stopnia mocy dla lamp EL34. Jak widać, są to układy zarówno o polaryzacji automatycznej (rys. 1), jak i stałej - zewnętrznej (rys. 2, 3). Dla lamp innych typów można z powodzeniem stosować te same konfiguracje.

**Tomasz Wojkowski**