

# Lampowe odwracacze fazy, część 2

Prezentujemy drugą część artykułu, w którym zawarto najważniejsze informacje o najbardziej interesujących rozwiązaniach lampowych odwracaczy fazy.

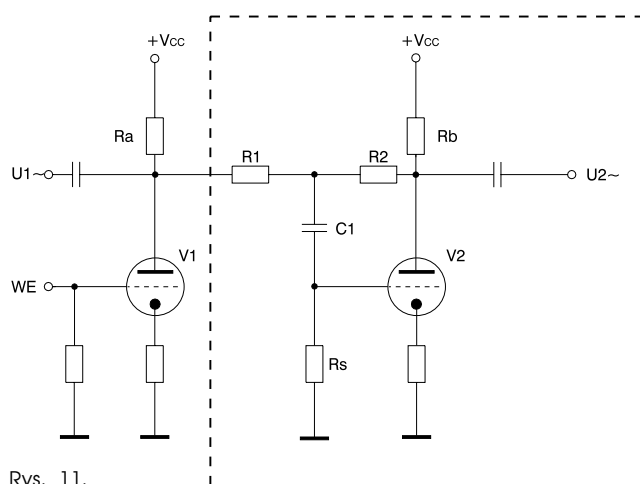
## Układy samosymetryzujące

Układ inwertera ze stopniem o wzmacnieniu równym jedności (rys. 11) składa się z dwu wzmacniaczy oporowych, pierwszy zwykły i drugi ze sprzężeniem pojemnościowym, objętych głębokim ujemnym, napięciowym sprzężeniem zwrotnym w układzie równoległym, realizowanym przez rezystory R1, R2 i kondensator C1. Stopień ten, ze względu na swoje właściwości, nazywany jest także wtórnikiem anodowym lub żartobliwie „huśtawką“. Jeżeli  $R1=R2$ , to na siatkę sterującą lampy odwracacza fazy podawane są U1-U2 z jednakowym

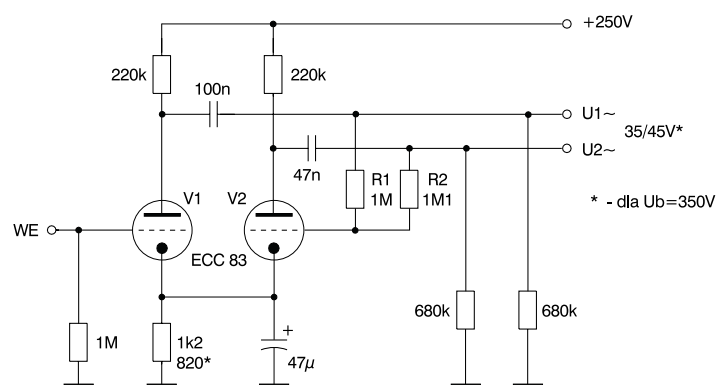
## Zasadnicza różnica w stosunku do opisanych gałęzi

Warunkiem automatycznego równoważenia są jednakowe parametry lamp oraz rezystancja obciążenia i dostatecznie duża rezystancja we wspólnym obwodzie katod obydwu lamp. Wzmocnienie jest na ogół dwa razy mniejsze niż zwykłego stopnia wzmacniacza oporowego.

Napięcia doprowadzone mogą mieć dość dużą amplitudę. Układ ten wydaje się być najlepszy ze względu na swoje właściwości i ma zastosowanie szczególnie tam, gdzie przy dużych mocach stopnia końcowego



Rys. 11.



Rys. 13.

współczynnikiem podziału (przy  $R_s=R1=R2$  wynosi on 1/2 do 1/3).

Dla osiągnięcia lepszej symetrii, R2 powinien mieć wartość większą od R1 o 10..15%. Układ tego typu, w związku z istnieniem głębokiego ujemnego sprzężenia zwrotnego, wnosi małe zniekształcenia w szerokim zakresie częstotliwości i charakteryzuje się małą rezystancją wyjściową w gałęzi „wtórnikowej“. Maksymalna amplituda napięcia wyjściowego może być dwukrotnie wyższa niż w układzie z dzielonym obciążeniem. Wzmocnienie ku może osiągać wartość nawet do 58 V/V. Napięcie doprowadzone nie może przekraczać wartości jak dla zwykłego stopnia oporowego (ok. 1,5V). Dzięki obecności kondensatora elektrolitycznego, blokującego rezystor katodowy, całkowite wzmocnienie układu jest duże, jednak układ jest bardziej podatny na przesterowanie.

Na rys. 12 i 13 przedstawiono różne wersje tego inwertera.

Układ parafazowy o sprzężeniu katodowym - rys. 14 (ang. long tailed pair, cathode coupled splitter, Schmidt inverter) - jest połączeniem stopnia z dzielonym obciążeniem (lewa trioda) ze stopniem o wspólnej siatce (prawa trioda - siatka uziemiona dla przebiegów zmiennych kondensatorem).

Odpowiedni obwód RC - rys. 15 - służy do zapewnienia siatki prawej triody napięcia stałego panującego na siatce triody lewej.

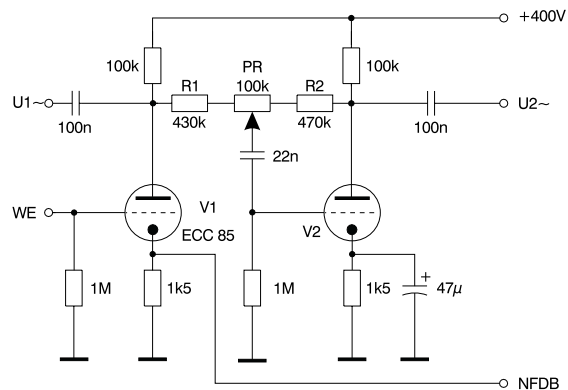
zależy nam na równomiernym wysterowaniu lamp wyjściowych w szerokim zakresie częstotliwości (do samowzbudzenia) i stosunkowo mały prąd siatkowy w przypadku przesterowania. Układ parafazowy, dzięki doskonałej symetrii, stosowany był jako wzmacniacz odchyłania w oscyloskopach.

Widoczne w pewnych układach różnice w wartości rezystorów anodowych (np. 82kΩ i 100kΩ), tak naprawdę służą poprawianiu symetrii, a nie - jak sugerują w wityrynach WWW niektórzy autorzy - celowemu wprowadzeniu dodatkowych harmonicznych parzystych.

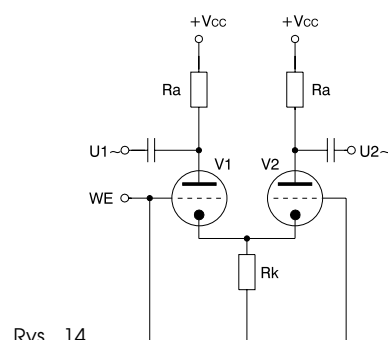
W układach z rys. 15 i 16 siatki triod mają polaryzację stałą (ang. fixed bias), a pozostałe katodową (ang. cathode bias).

W zależności od zastosowanego układu inwertera oraz typu pracującej w jego obwodzie lampy, uzyskamy różny charakter brzmienia końcówki mocy.

Z porównania oporu wewnętrznego lamp serii ECC wynika następujący wnio-

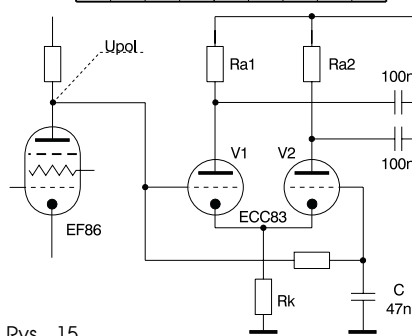


Rys. 12.



Rys. 14.

U <sub>b</sub> [V]	U <sub>pol</sub> [V]	I <sub>a</sub> [mA]	R <sub>k</sub> [kW]	R <sub>a1</sub> [kW]	R <sub>a2</sub> [kW]	U <sub>~</sub> [V]	k <sub>x</sub>	h [%]
250	65	1	68	100	110	20	25	1.5
300	90	1.2	82	150	160	35	27	1.8



Rys. 15.

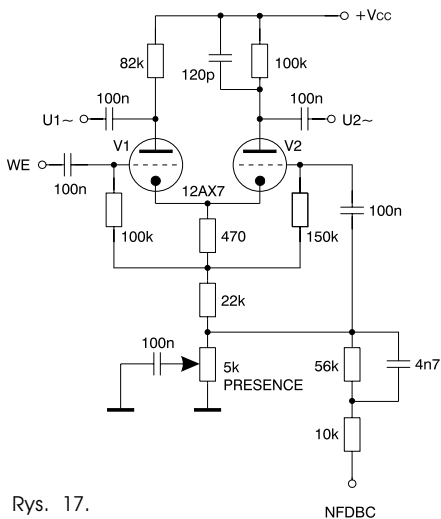
sek: im opór wewnętrzny lampy sterującej większy, tym większa tendencja do „przybrudzonego“ (ang. crunch) brzmienia i na odwrót, nawet przy niskim poziomie sygnału wejściowego. Dlatego też wzmacniacze „voxo-podobne“ (lampa ECC 83, 12AX7 - inwerter samorównoważący ze stopniem o wzmocnieniu równym jedności) różnią się od szklisto-czystych wzmacniaczy „fenderoidalnych“ (lampa ECC 81, 12AT7 - inwerter parafazowy).

U <sub>b</sub> [V]	I <sub>a</sub> [mA]	k <sub>x</sub>	U <sub>~</sub> [V]	h [%]
250	3	11.5	30	0.6
300	4.5	12	30	0.4

Rys. 16.

Warto wiedzieć, że w niektórych lampowych wzmacniaczach do gitar basowych, w układzie inwertera pracują nawet dwie lampy o możliwie najniższym oporze wewnętrznym, często z równoległe łączonymi systemami w jednej bańce - dla dodatkowej redukcji wspomnianego oporu, lub stosuje się sterowanie wtórnikowe, dające najlepszy rezultat - umożliwienie pracy lamp mocy w klasie AB2. Na końcowy efekt brzmieniowy wpływa także wartość pojemności kondensatorów separujących inwerter od siatek sterujących lamp mocy, rezystorów wpływowych i rezystorów blokujących te siatki.

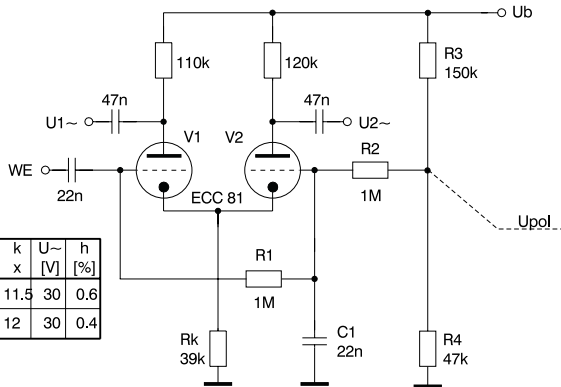
Jeżeli zakładamy celowe przesterowanie końcówki mocy, należy stosować jako kon-



Rys. 17.

densatory separujące pojemności 22nF..47nF, rezystory wpływowe 100kΩ i blokujące 5,6..22kΩ. Takie wartości można znaleźć w wielu klasycznych konstrukcjach. Przeczy to, jak widać, ustalonym dla wzmacniaczy Hi-Fi normom, jednak w zastosowaniach „gitarowych“ sprawdza się doskonale - zapobiega m.in. zatykaniu się lamp końcowych (ang. muck) oraz daje wzrost udziału obcinania siatkowego.

Bardzo istotną rolę odgrywa występowanie gałęzi ujemnego sprzężenia zwrotnego (i jego głębokość), obejmującego uzwojenie wtórne transformatora wyjściowego i zwykle pierwszą triodę inwertera.

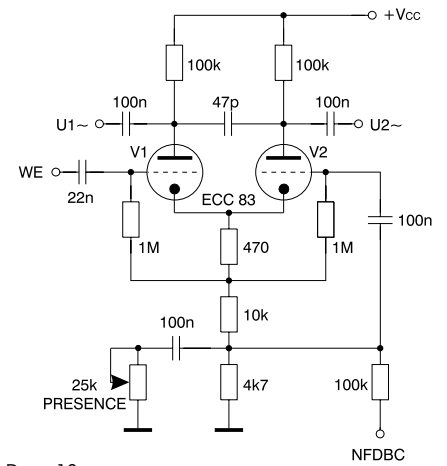


Jednak w wielu konstrukcjach profesjonalnych rezygnuje się z niego lub tradycyjnie na tylnym panelu montuje się potencjometr redukujący płynnie wzmocnienie. Ów potencjometr nazywany bywa Fatness lub Soul (Fender), a w przypadku gdy jest to przełącznik całkowicie odłączający pętlę, nosi nazwę Bold/Curaceous (Mesa), co jednoznacznie określa jego wpływ na brzmienie.

Często obwód ujemnego sprzężenia zwrotnego wykorzystywany bywa do realizacji funkcji Presence, tj. selektywnego podbijania o kilka dB wybranego pasma, leżącego w przedziale 2..8kHz (rys. 17 i 18).

Główną przyczyną rezygnowania z ujemnego sprzężenia zwrotnego (rys. 19) jest pragnienie uzyskania pełniejszego, bardziej „mięsigiego“, żywego brzmienia.

Z powodu istnienia nieuniknionej indukcyjności rozproszenia i szkodliwej pojemności własnej transformatora, pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego wprowadza do obwodu końcówki mocy niekorzystne przesunięcia fazowe, szczególnie dla najniższych częstotliwości, przyczyniając się do wzrostu zniekształceń intermodulacyjnych. Pogarsza to istotnie odpowiedź całej końcówki mocy na pobudzenie impulsami o dużej amplitudzie i stromych zboczach, a wzmacniacz staje się subiektywnie „leniwy“, choć niewątpliwie bardziej stabilny.

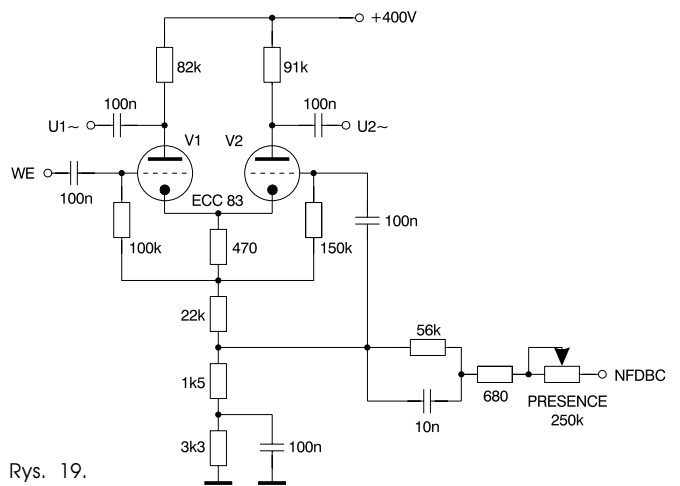


Rys. 18.

W przypadku braku pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego układ Presence realizowany jest w osobnym obwodzie tuż przed inwerterem fazy lub w samym przedwzmacniaczu. Należy pamiętać, że w większości konstrukcji profesjonalnych działanie potencjometru Presence celowo wprowadza dodatkowe zniekształcenia sygnału, które nadają ostatecznemu brzmieniu charakterystyczną drapieżność, szczególnie przy grze z dużym „przestere“m. Przykładowo, „podbicie“ potencjometrem Presence o 6dB wybranego pasma częstotliwości powoduje ok. dwukrotny wzrost mocy elektrycznej tego pasma, doprowadzonej do głośnika. Jako inwertery mogą z powodzeniem pracować lampy podwójne typu trioda/pentoda z serii PCF lub dwie pentody, np. EF184, połączone triodowo. Szczególnie godne polecenia konstruktorom, także aparaty Hi-Fi, są podwójne triody E80CC, 12BH7 i niedoceniane, rosyjskie 6N1P-EB. Cechują się bardzo prostoliniowym przebiegiem charakterystyk siatkowych, doskonałą konstrukcją mechaniczną i znacznie wydłużonym okresem bezawaryjności.

Interesującą lampą, doskonale nadającą się do pracy jako inwerter z dzielonym obciążeniem, jest podwójna trioda 12DW7. Znajdujące się wewnątrz dwa systemy różnią się w istotny sposób. Jedna trioda jest bliskim odpowiednikiem ECC83, a druga - ECC82.

**Tomasz Wojkowski**



Rys. 19.