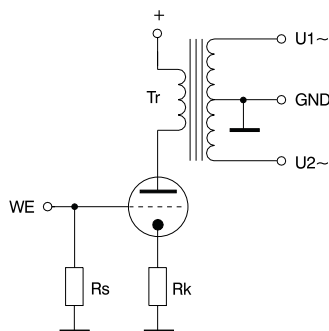
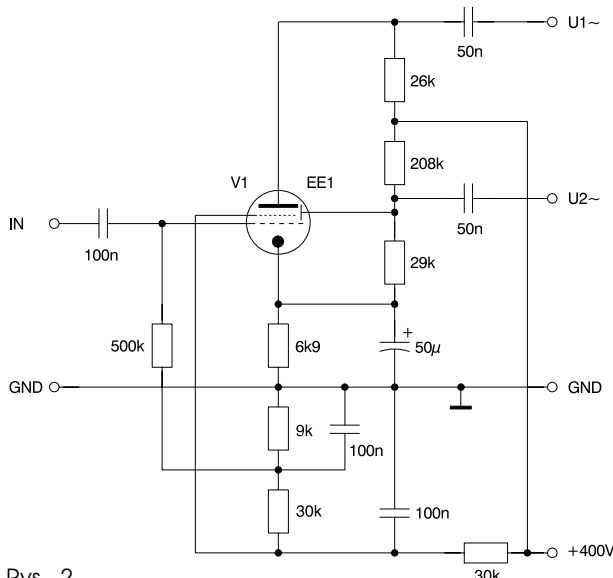


Odwracacze fazy, część 1

Kontynuując cykl artykułów o najciekawszych rozwiązaniach aplikacyjnych w lampowym sprzęcie audio ten artykuł poświęcamy bardzo ważnemu fragmentowi każdego wzmacniacza - odwracaczom fazy.



Rys. 1.



Rys. 2.

W końcowym stopniu mocy, pracującym w układzie przeciwsobnym, konieczne jest dostarczanie do siatek sterujących lamp wyjściowych sygnału o tej samej wartości amplitudy, ale o fazach przesuniętych o 180 stopni. Zadanie to realizuje układ zwany inwerterem, czyli odwracaczem fazy. W swej najprostszej postaci - rys. 1 - był to odpowiedni transformator z pojedynczym uzwojeniem pierwotnym oraz wtórnym, posiadającym wyprowadzony środek, przyłączony do masy sygnałowej układu. W przypadku pracy lamp końcowych bez prądu siatek, transformator ten miał przekładnię zwykle podwyższającą lub 1:1, a w przypadku pracy z prądem siatek sterujących, ze zrozumiałych względów, przekładnię obniżającą. Dzięki takiej konfiguracji uzyskiwano na końcach uzwojenia wtórnego pożądany efekt.

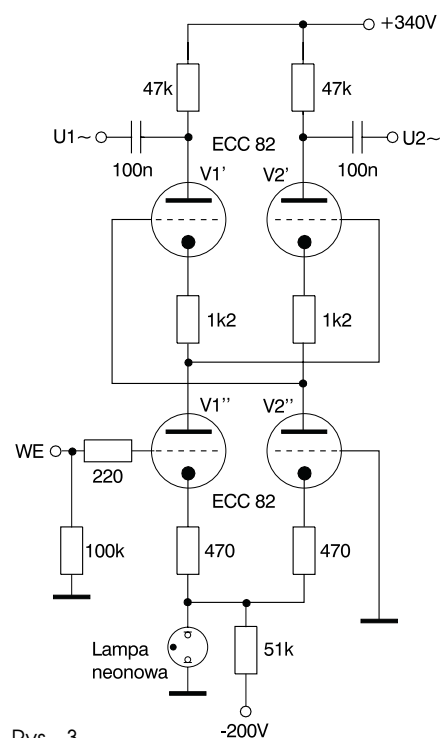
Z czasem zaczęto stosować specjalne lampy z tzw. emisją wtórną (rys. 2), które dziś mają już znaczenie tylko historyczne.

Kolejnymi formami inwerterów, najczęściej stosowanymi obecnie są: układ z lampą pomocniczą, układ z dzielonym obciążeniem, układy samosymetryzujące ze stopniem o wzmacnieniu równym jedności, układ parafrasowy - ze sprzężeniem katodowym oraz stosowany raczej w konstrukcjach Hi-Fi układ kaskadowy - jego „skrzyżowaną“ odmianę z wykorzystaniem stopni SRPP. Schemat tego rozwiązania przedstawiono na rys. 3, zaś wersję z wtórnkami katodowymi na rys. 4 (cross coupled, Van Scoyoc inverter).

Podobnie, jak w układach Hi-Fi często stosuje się także inwerter zbudowany na dwóch wzmacniaczach operacyjnych, sterujących zwykle triodowe stopnie wzmacniające (rys. 5). Na rys. 6 przedstawiony jest interesujący układ inwertera, w którym lampy mocy sterowane są nie tradycyjnie poprzez siatki sterujące, ale przez katody.

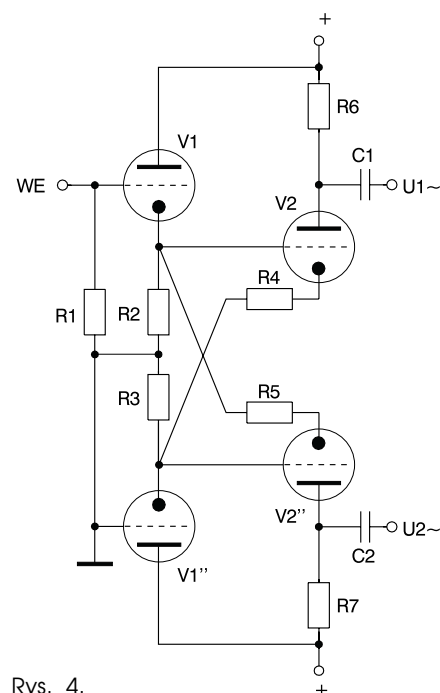
Lampy pracują w konfiguracji z uziemioną dla przebiegów zmiennych siatką S1, często stosowanej w technice w.cz. Każdy z przedstawionych układów charakteryzuje się specyficznymi właściwościami.

Układ z lampą pomocniczą (rys. 7) wykorzystuje dodatkowy stopień opo-

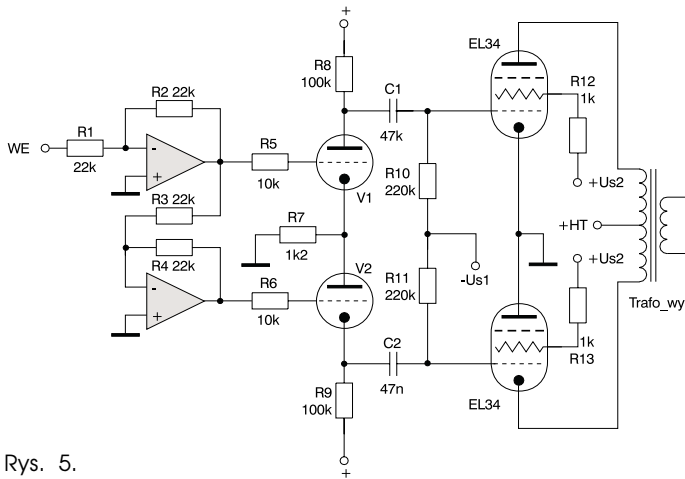


Rys. 3.

rowy V2, do którego siatki sterującej, poprzez dzielnik R1, R2 doprowadza się sygnał z anody V1. Ze względu na warunek równości napięć wzbudzających stopień końcowy, należy dobrać lampy o możliwie identycznych charakterystykach i zapewnić im jednako- we warunki pracy (Ra+Rb). Dzielnik napięcia R1, R2 należy tak dobrać, aby uzyskać jednakowe amplitudy napięć wyjściowych. Układ ten mimo prostoty



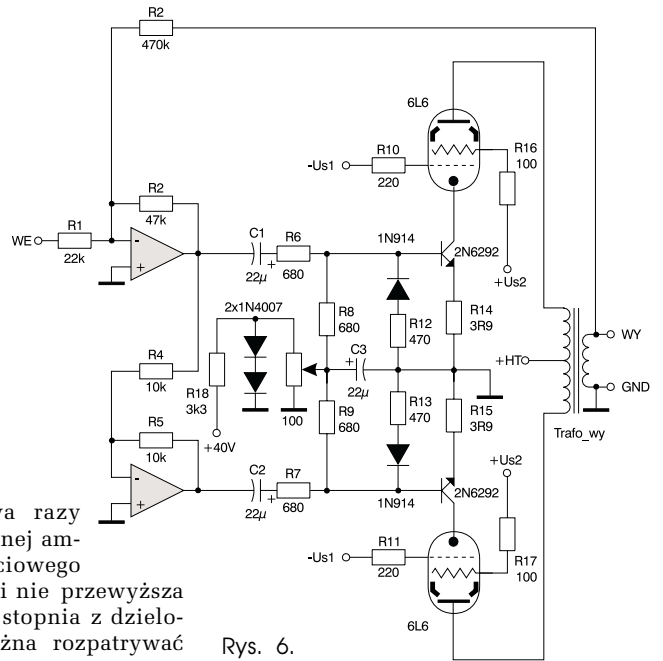
Rys. 4.



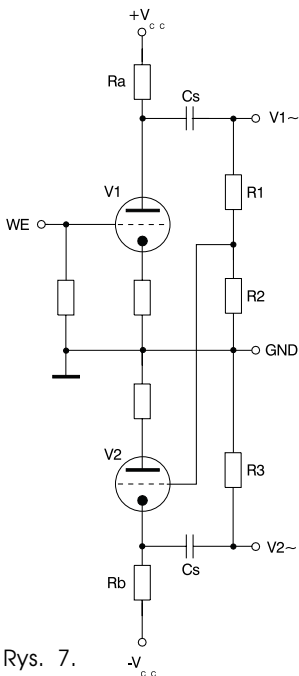
Rys. 5.

i łatwości realizacji, rzadko jest stosowany, gdyż posiada szereg wad: napięcie $-V_2$ otrzymuje z dzielnika napięcia

obciążeniem jest dwa razy mniejsza od maksymalnej amplitudy napięcia wyjściowego wtórnika katodowego i nie przewyższa $0,2+V_{CC}$. Dolną gałąź stopnia z dzielnym obciążeniem można rozpatrywać



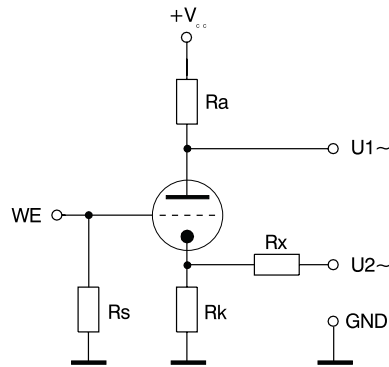
Rys. 6.



Rys. 7.

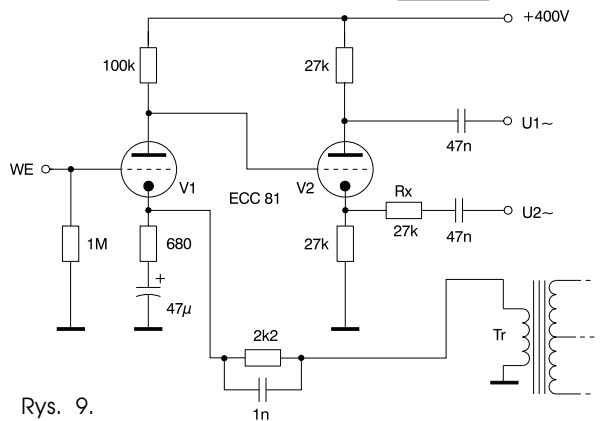
nie tylko sygnał, lecz i jego harmoniczne wprowadzone przez V1, wobec czego $-V_2$ może wprowadzać dodatkowe szumy i przydźwięk sieci. Napięcie to wprowadza także zniekształcenia liniowe w zakresie niskich i wyższych częstotliwości akustycznych z powodu wprowadzonych przez kondensatory sprzęgające Cs dodatkowych przesunięć fazy.

Stopień z dzielnym obciążeniem (rys. 8 - cathodyne, distributed load inverter) jest w istocie wtórnikiem katodowym z dodatkowym rezystorem w obwodzie anodowym, tak że powstaje drugie wyjście sygnału o przeciwnej fazie. Aby obydwa napięcia wyjściowe (ich wartości bezwzględne) U_1 i U_2 były sobie równe, opory R_a i R_k powinny być jednakowe. Maksymalna amplituda napięcia wyjściowego (na każdym z wyjść) odwracacza fazy z dzielnym



Rys. 8.

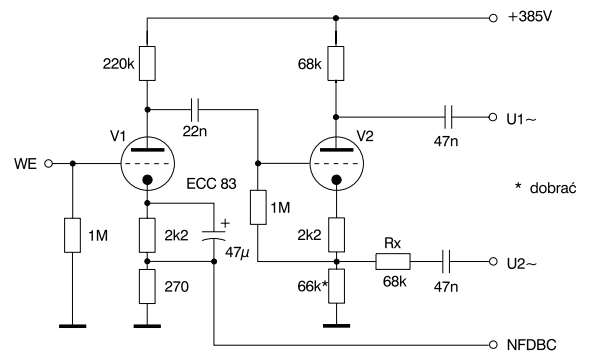
jako wtórnika katodowego ze wszystkimi jego właściwościami (dużą rezystancją wejściową, małą wyjściową i wzmacnieniem napięciowym $ku \approx 1$). Właściwości wtórnika nie obejmują jednak górnej gałęzi członu, który możemy z kolei rozpatrywać jako wzmacniacz z ujemnym prądowym sprzężeniem zwrotnym, zwiększającym jego rezystancję wyjściową. Innymi słowy, wyjście anodowe jest znacznie wrażliwsze na zmiany obciążenia (zwykle jest to siatka sterująca lampy końcowej). Ponadto, ze wzrostem częstotliwości wcześniej ujawnia się bocznikujące działanie pojemności w członie górnym i naruszeniu ulega symetria układu (lampy końcowe sterowane są wybitnie niesymetrycznym sygnałem!), którą można nieco poprawić poprzez dodanie do członu dolnego oporu R_x , równego w przybliżeniu R_a . Ze względu na brak wzmacnienia napięciowego, powyższy układ powi-



Rys. 9.

nien być zasilany ze źródła o stosunkowo dużym napięciu i poprzedzony typowym wzmacniaczem oporowym o dużym wzmacnieniu.

Na rys. 9 przedstawia wersję odwracacza fazy, w której siatka sterująca otrzymuje potencjał stały z anody stopnia poprzedzającego, a rys. 10 - metodą własnej polaryzacji katodowej. **Tomasz Wójkowski**



Rys. 10.