WZMACNIACZ HI-FI 20 W

z psofometryczną regulacją siły głosu

Ucho ludzkie nie jest jednakowo czułe w całym zakresie słyszanych częstotliwości. Wykazuje ono maksymalną czułość dla częstotliwości w zakresie od ok. 1 kHz do 3 kHz, przy czym właściwość ta występuje tym silniej, im słabsze jest natężenie odbieranego przez ucho dźwięku. Ta nieliniowa charakterystyka częstotliwościowa ucha powoduje zubożenie odbieranych wrażeń dźwiękowych podczas słuchania muzyki, przy niskim poziomie głośności. Przy dużym natężeniu dźwięku różnice czułości ucha maleją i odbiór jest bardziej wierny. Z powyższego wynika, że regulacja głośności reprodukowanych audycji powinna być związana z regulacją charakterystyki częstotliwości wzmacniacza głośnikowego.

Przy niskim poziomie głośności, a więc przy mniejszym wzmocnieniu wzmacniacza niskie tony i wysokie tony powinny być uwypuklone w stosunku do tonów średnich, albo tony średnie od 1 ÷ 3 kHz powinny być stłumione w stosunku do tonów niskich i wysokich i to tym znaczniej, im mniejsza jest moc oddawana przez wzmacniacz. W efekcie można osiągnąć takie zmiany charakterystyki wzmacniacza, że ucho będzie odczuwało emisję jednakowo z pełną równowagą dźwięków, niezależnie od oddawanej mocy.

Na rysunku 1 przedstawiony jest schemat wzmacniacza wysokiej jakości, który spełnia postawione wyżej warunki. Moc wyjściowa 20 W zapewnia możliwość nagłośnienia dużych pomieszczeń lub wysterowania dużej kolumny dźwiękowej.

Pierwszy stopień wzmacniacza z lampą ECC 85 to wzmacniacz napięciowy z wtórnikiem katodowym sterującym niskooporowy czwórnik układu ujemnego sprzężenia zwrotnego. Charakterystyka częstotliwościowa czwórnika ma płaskie maksimum w zakresie od 1 do 5 kHz, wskutek czego ujemne sprzężenie zwrotne dla tych częstotliwości jest najsilniejsze. Napięcie zwrotne U_{zw} doprowadzane jest do przeciwnego końca potencjometru regulacji siły głosu w stosunku do napięcia U_0 sterującego wzmacniacz. Napięcie zwrotne odkłada się na oporze potencjometru i oporze wewnętrznym R_0 źródła sygnału U_0, jak to pokazano na rysunku 2.

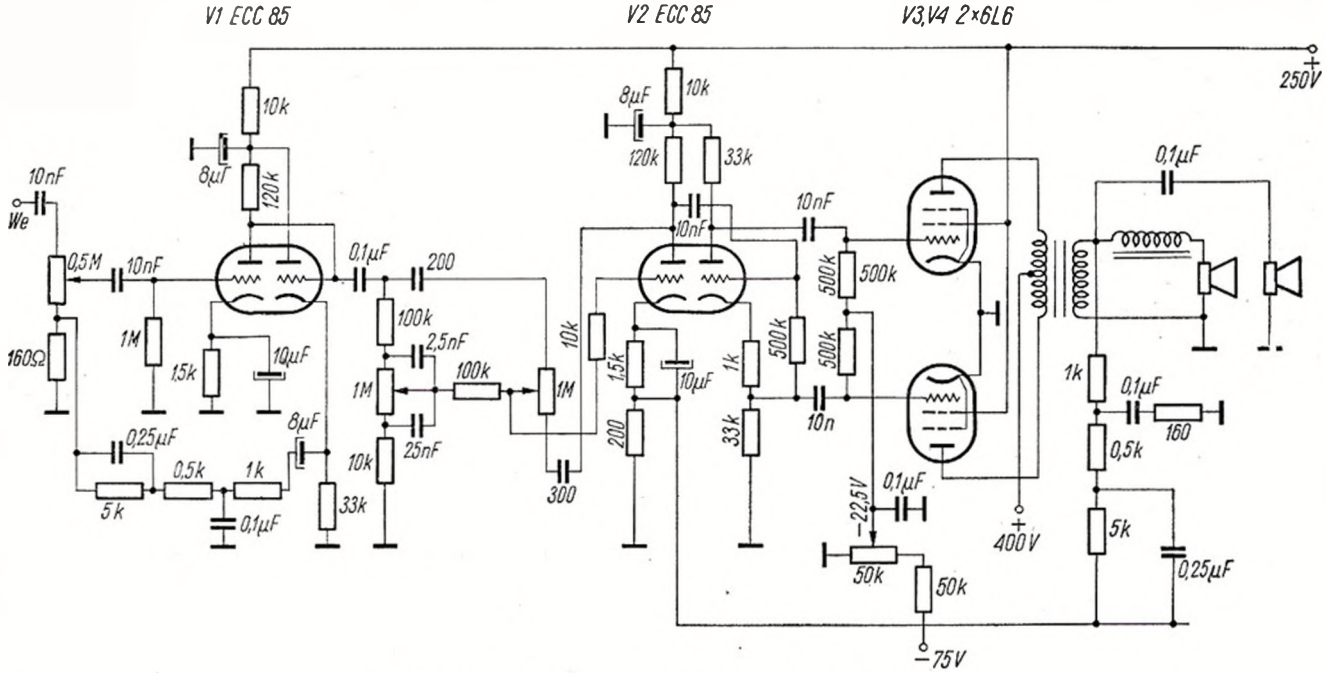
Zależnie od położenia ślizgacza potencjometru siły głosu zmienia się wielkość części napięcia zwrotnego podawanego na siatkę lampy, tzn. zmienia się ujemne sprzężenie zwrotne. W skrajnym położeniu ślizgacza potencjometru — przy oporze 160 Ω — ujemne sprzężenie zwrotne jest najsilniejsze i wzmocnienie częstotliwości w zakresie przepuszczanym przez czwórnik jest najmniejsze. Sytuacja ta odpowiada skrajnie słabemu nagłośnieniu. Przy ustawieniu potencjometru w kierunku napięcia U_0 (do wejścia) wzrasta wzmocnienie wzmacniacza dla napięcia U_0, a zarazem maleje ujemne sprzężenie zwrotne realizowane przez układ czwórnika i charakterystyka przenoszenia wzmacniacza wyrównuje się. Dzięki temu układowi, im mniejsza jest moc oddawana przez wzmacniacz, tym stosunkowo bardziej wzmacniane są tony niskie (poniżej 1 kHz) i wysokie (powyżej 3 kHz), gdyż dla tych częstotliwości ujemne sprzężenie jest słabsze niż dla tonów średnich.

Opisany powyżej układ umożliwia więc jednoczesną regulację wzmocnienia wzmacniacza i charakterystyki częstotliwości bez stosowania mechanicznie sprzężonych potencjometrów (odbiornik Beethoven).

Napięcie wyjściowe opisanego wyżej pierwszego stopnia wzmacniacza doprowadzone jest następnie do układu regulacji poziomu niskich i wysokich tonów; układ ten zapewnia możliwość regulacji poziomu w granicach ± 20 dB przy częstotliwości rozdzielającej 600 Hz.

Napięcie wyjściowe z regulatora poziomu jest następnie ponownie wzmacniane przez połowę triody *V2* (ECC 85); druga trioda tej lampy pracuje jako inwertor fazy, sterujący dwie lampy 6L6 stopnia końcowego w układzie przeciwsobnym. Napięcie wyjściowe wzmacniacza zasilające głośnik, użyte jest także do zrealizowania ujemnego sprzężenia zwrotnego, obejmującego 3 ostatnie stopnie wzmacniacza, tzn. jeden stopień wzmocnienia napięciowego, stopień odwracania fazy i stopień mocy. W obwodzie tego sprzężenia użyto ponownie czwórnik zastosowany w układzie regulacji siły głosu. W stopniu końcowym głębokość sprzężenia zwrotnego jest stała i zależy od wartości oporu w katodzie pierwszej triody lampy V2 (na schemacie 200 Ω). Przy małej przekładni transformatora głośnikowego wartość tego opornika może okazać się za duża i prowadzić do wzbudzania się stopnia końcowego. Należy wtedy wartość opornika zmniejszyć np. do 150 Ω. Zadaniem tego obwodu ujemnego sprzężenia zwrotnego jest zmniejszenie zniekształceń powstających w ostatnich stopniach wzmacniacza, oraz dodatkowe podniesienie charakterystyki częstotliwościowej na krańcach pasma akustycznego.

Stopień mocy wzmacniacza zbudowany jest w prostym układzie, bez stosowania zasilania siatek ekranujących lamp mocy z odczepów transformatora. Zastosowano jedynie sekcjonowane uzwojenie anodowe. Uzwojenie wtórne nawinięte jest pomiędzy połówkami uzwojenia anodowego (rys. 3).



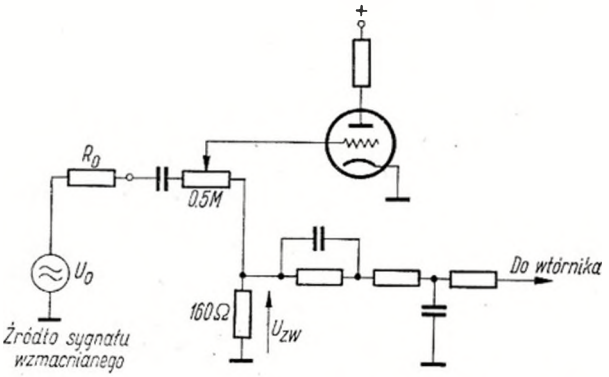
Rys. 1. Schemat ideowy wzmacniacza mocy 20 W

Dane transformatora:

— oporność wyjściowa między anodami lamp: 6 kΩ
— oporność obciążenia transformatora: ok. 8 Ω
— rdzeń transformatora sieciowego: od odb. „Aga"
— uzwojenie anodowe: 4 × 700 zw. Ø drutu 0,25 mm
— uzwojenie wtórne: 100 zw. Ø drutu 0,85 mm

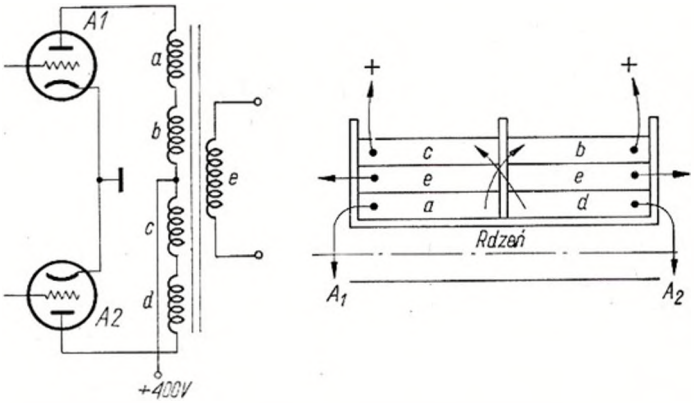
Mimo uproszczenia konstrukcji transformatora, jego charakterystyka częstotliwościowa jest płaska w zakresie od 30 Hz do 20 kHz.

Transformator należy składać bez szczeliny. Moc oddawana przez stopień końcowy wzmacniacza przewyższa 20 W, co w praktyce zupełnie wystarcza. Przy zastosowaniu w stopniu końcowym lamp EL 36 zamiast 6L6 uzyskuje się moc wyjściową ok. 50 W (przy odpowiednio zmienionej przekładni transformatora). Po stronie wtórnej transformatora zastosowano zasilanie głośników wysokotonowych przez kondensator 0,1 μF w celu zabezpieczenia ich przed zniszczeniem dużą mocą oddawaną przez wzmacniacz w zakresie tonów niskich. Niskooporowy dławik w obwodzie głośników niskotonowych nie dopuszcza do nich napięć o wyższych częstotliwościach.



Rys. 2. Układ psofometrycznej regulacji siły głosu

W celu uniezależnienia pracy wzmacniacza od wahań sieci, zastosowano elektroniczną stabilizację napięcia anodowego. Koszt dodatkowego układu, jakim jest tego typu stabilizator, w stosunku do kosztu całego wzmacniacza jest nieznaczny i wynosi ok. 150 zł, natomiast korzyść z zastosowania go jest niewspółmiernie duża. Uzyskuje się płynną regulację napięcia wyjściowego, zmniejszenie tętnień wyprostowanego napięcia no i oczywiście stałe na-



Rys. 3. Sposób nawinięcia i połączenia transformatora wyjściowego

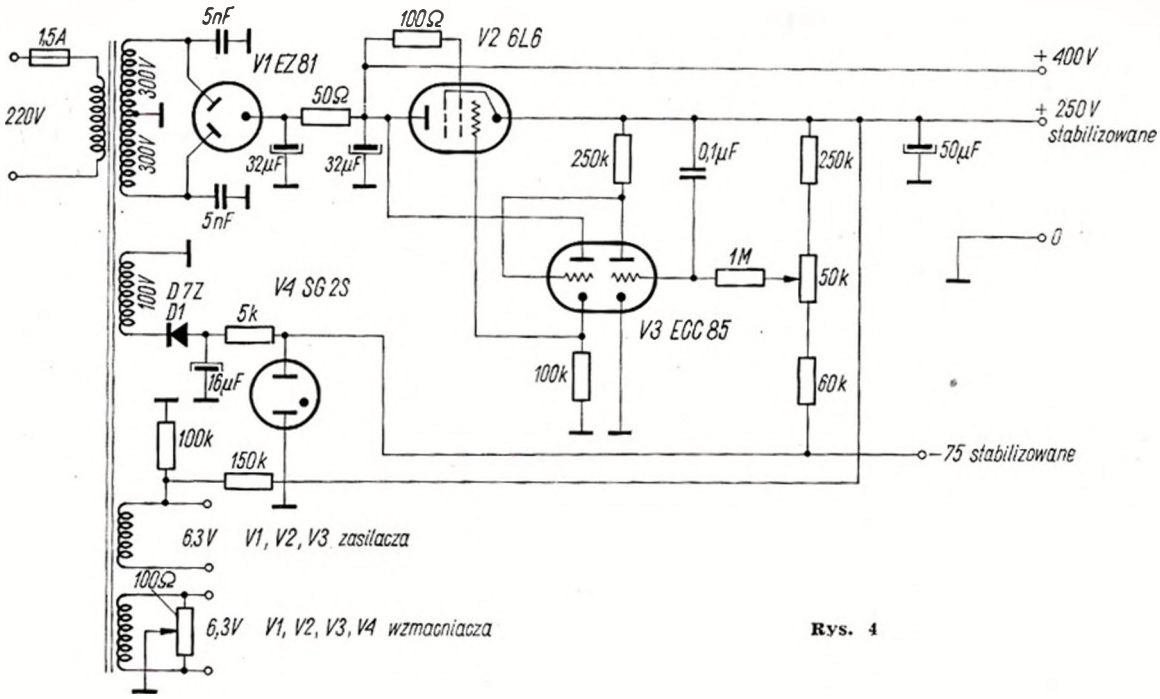
pięcie wyjściowe, niezależne od zmian obciążenia i wahań sieci. Za pomocą niżej opisanego układu stabilizatora — rys. 4 — można osiągnąć zmiany napięcia wyjściowego w granicach 2 V, przy zmianie obciążenia od 0 do 70 mA. Tego rzędu są zmiany napięcia przy wahaniach napięcia sieci w granicach ± 10%.

Z wyjścia tego stabilizatora można zasilać dodatkowo nawet bardzo rozbudowany odbiornik AM czy FM, gdyż dopuszczalny prąd obciążenia stabilizatora wynosi ok. 100 mA.

Lampa 6L6 jest lampą szeregową stabilizatora, której oporność wewnętrzna jest regulowana przez dwustopniowy wzmacniacz prądu stałego. Zmienione napięcie wyjściowe stabilizatora spowodowane zmianą obciążenia lub zmianą napięcia sieci jest wzmacniane przez wzmacniacz prądu stałego z duotriodą ECC 85. Napięcie wyjściowe z lampy ECC 85 steruje lampę 6L6 w takim kierunku, aby zmiany jej oporności wewnętrznej i spadek napięcia na niej przeciwdziałały zmianom napięcia sterującym wzmacniacz prądu stałego. W ten sposób układ sam dąży do zachowania stałego napięcia wyjściowego.

Należy zaznaczyć, że w tego typu układach — nawet najbardziej rozbudowanych — zawsze wystąpi zmiana napięcia wyjściowego. Wielkość tych zmian jest odwrotnie proporcjonalna do wzmocnienia wzmacniacza prądu stałego.

Napięcia wzorcowego dla stabilizatora dostarcza stabilizator jonowy 75 V. Stabilizowane ujemne napięcie służy



Rys. 4

także do polaryzacji siatek lamp głośnikowych wzmacniacza. Potencjometryczna regulacja napięcia siatek umożliwia łatwą zmianę typu stosowanych lamp, np. na EL 36 czy inne, oraz najprostszy i najlepszy dobór punktu pracy lamp.

Ponieważ napięcia siatek sterujących i ekranujących lamp mocy są stabilizowane elektronicznie, więc występuje wyjątkowo mały przydźwięk sieci i nieuważalne zmiany mocy wyjściowej.

Dane transformatora sieciowego:

- uzwojenie anodowe: 2 × 300 V
- uzwojenie napięcia ujemnego: 100 V, prąd pobierany 20 mA
- przekrój rdzenia transformatora: 16 cm²
- uzwojenie żarzenia lamp wzmacniacza: 6,3 V, 3 A
- uzwojenie żarzenia lamp stabilizatora elektronicznego: 6,3 V, 3 A.

mgr inż. Stanisław Głowacki