

# WZMACNIACZ 10 W „HI-FI”

ostatnimi czasy daje się zauważyć znaczny postęp techniki małej częstotliwości. Coraz ostrzejsze wymagania stawiane tej gałęzi techniki przez użytkowników doprowadziły do powstania wysokojakościowych nagrań płytowych (zakres częstotliwości  $30 \div 16\,000$  Hz — przy zniekształceniach  $< 2\%$ ) oraz do spopularyzowania odbioru radiowego UKF-FM. Dysponując dobrymi źródłami muzyki, koniecznym staje się stosowanie urządzeń wzmacniających, które nie pogarszałyby jakości produkcji odtwarzanych przez wysokiej jakości adapter czy odbiornik UKF-FM.

Wzmacniacz taki, określany jako „Hi-Fi”, powinien zapewnić:

- 1) dostateczną głośność audycji w pomieszczeniu,
- 2) liniową charakterystykę częstotliwości w granicach słyszalności,
- 3) na tyle małe zniekształcenia nieliniowe, aby wyszkolone muzycznie ucho ludzkie nie mogło ich wykryć.

Pierwszy warunek może być spełniony, jeśli wzmacniacz mocy będzie w stanie dostarczyć do głośnika około 10 W; nie oznacza to, że wzmacniacz ma pracować cały czas na pełnej mocy, tego bowiem nikt by nie wytrzymał, ale zdolność wzmacniacza do oddania mocy 10 W przy szczytach audycji umożliwia uzyskanie dużej dynamiki i zabezpiecza przed przesterowaniem.

Drugi warunek spełni wzmacniacz, którego charakterystyka częstotliwości będzie liniowa w granicach  $20 \div 30$  Hz do  $15\,000 \div 20\,000$  Hz.

Trzeci warunek na ogół jest najtrudniejszy do spełnienia; zniekształcenia nieliniowe powinny być mniejsze od  $2\%$  i to

nie tylko zniekształcenia harmoniczne, lecz kompleksowe (intermodulacja).

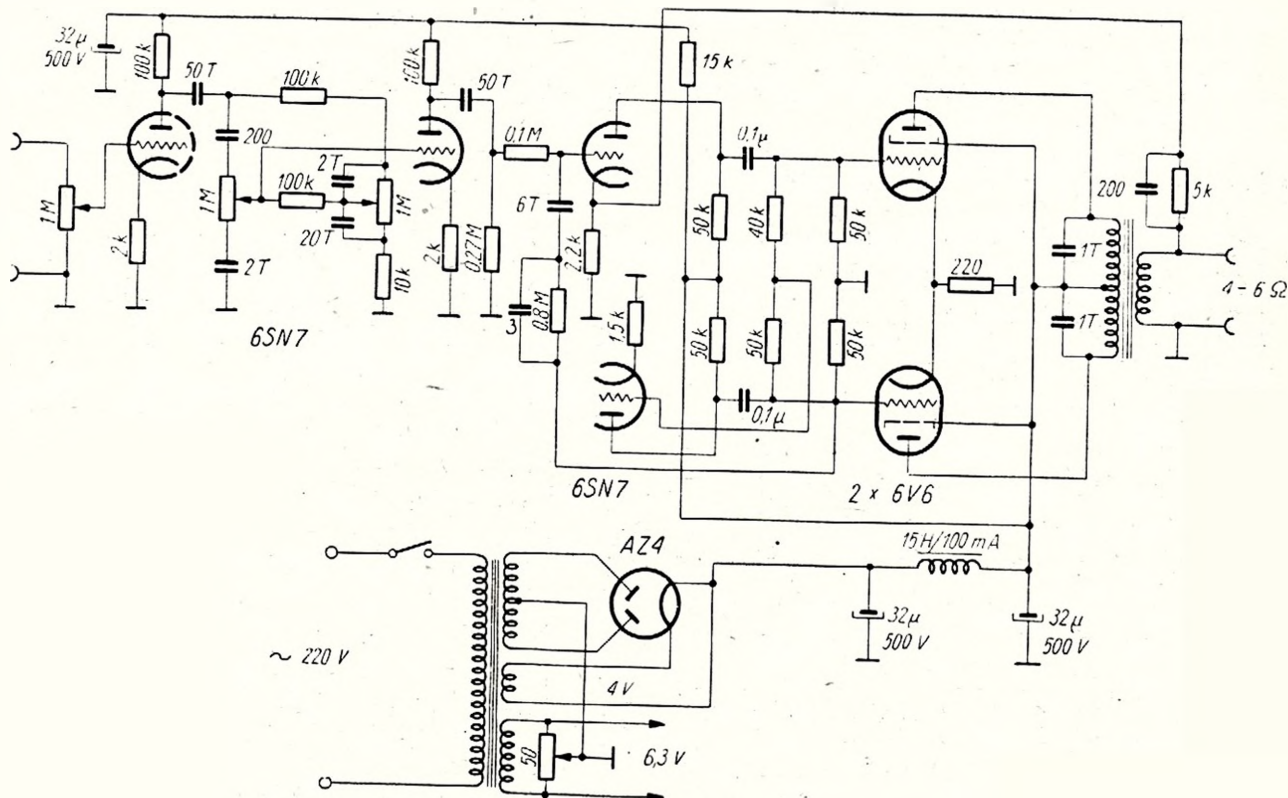
Istnieje szereg układów wzmacniaczy wysokiej jakości, jednak są to na ogół urządzenia bardzo kosztowne. J. M. Miller opracował prosty i stosunkowo niedrogi układ wzmacniacza m. cz., który po pewnym zmodyfikowaniu spełnia wszystkie podane wyżej wymagania.

W swoim pierwotnym wykonaniu wzmacniacz ten wyposażony był w transformator o przekroju rdzenia  $3,6\text{ cm}^2$ , nawinięty zwyczajnie, bez dzielenia uzwojeń. Wzmacniacz ten miał charakterystykę częstotliwości  $20 \div 50\,000$  Hz  $\pm 4$  dB, zniekształcenia nieliniowe (harmoniczne) rzędu  $0,35\%$  przy 400 Hz i 8 W. Wzmacniacz opisany w niniejszym artykule różni się od swego prototypu zastosowaniem:

- transformatora z dzielonymi uzwojeniami,
- dodatkowej korekcji fazy w zakresie wielkich częstotliwości,
- korektora charakterystyki.

## Opis układu

Wzmacniacz, którego schemat uwidoczniony jest na rys. 1, składa się ze stopnia przedwzmacniacza z korektorem umożliwiającym zmianę charakterystyki częstotliwości na krańcach zakresu w granicach  $\pm 15$  dB, następnie z dwóch stopni wzmacniacza napięciowego, odwracacza fazy oraz stopnia końcowego w układzie przeciwosobnym. Posiada dwa zasadnicze obwody sprzężenia zwrotnego. Pierwszy obwód stanowi sprzężenie zwrotne dodatnie i obejmuje jeden stopień przedwzmacniacza; napięcie tego sprzężenia,



Rys. 1. Schemat wzmacniacza 10 W „Hi Fi”

pobierane z siatki jednej z lamp końcowych i poprzez opornik 0,8 MΩ i kondensator 6 pF, przyłożone jest na siatkę ostatniego stopnia przedwzmacniacza. Tworzy się dzielnik napięcia z oporników 0,8 MΩ i 0,1 MΩ (lampa poprzednia — trioda o bardzo małej oporności wewnętrznej), tak że współczynnik dodatniego sprzężenia zwrotnego wynosi

$$\beta_+ = \frac{0,1}{0,8 + 0,1} \cong 0,1$$

Drugie sprzężenie zwrotne — ujemne — obejmuje transformator wyjściowy i poprzez opornik 5 kΩ przyłożone jest do katody ostatniego stopnia przedwzmacniacza. Kondensator 200 pF równoległy do opornika 5 kΩ wprowadza korekcję fazową dla wielkich częstotliwości.

Współczynnik ujemnego sprzężenia zwrotnego wynosi:

$$\beta_- = \frac{2 \cdot 2}{2,2 + 5} \cong 0,3$$

Przy czynnych obu sprzężeniach zwrotnych wypadkowa zmiana wzmocnienia wynosi około -9 dB, a więc, mimo że przyłożone jest znaczne ujemne sprzężenie zwrotne, spadek czułości wzmacniacza jest nieznaczny.

Współdziałanie obu sprzężeń, tzw. równoważone sprzężenie zwrotne, zmniejsza zniekształcenia nieliniowe i przyczynia się do zmniejszenia oporności wewnętrznej wzmacniacza praktycznie do zera, co znacznie poprawia warunki współpracy z głośnikiem, szczególnie przy odtwarzaniu przebiegów impulsowych.

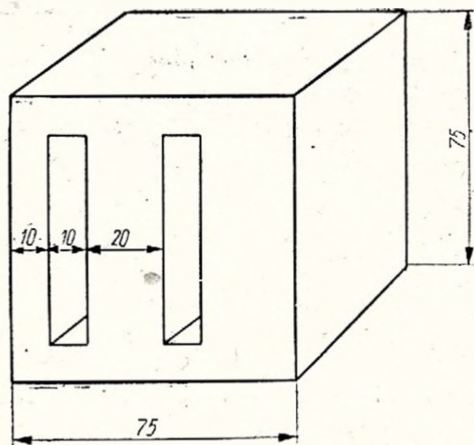
### Konstrukcja wzmacniacza

Wzmacniacz został zbudowany na chassis od odbiornika „AGA”, zajmuje więc dość dużo miejsca i odległości między poszczególnymi elementami są znaczne. Takie rozwiązanie przy starannym montażu pozwala ograniczyć przydźwięk sieci, który wynosi -64 dB oraz wyeliminować szkodliwe sprzężenia.

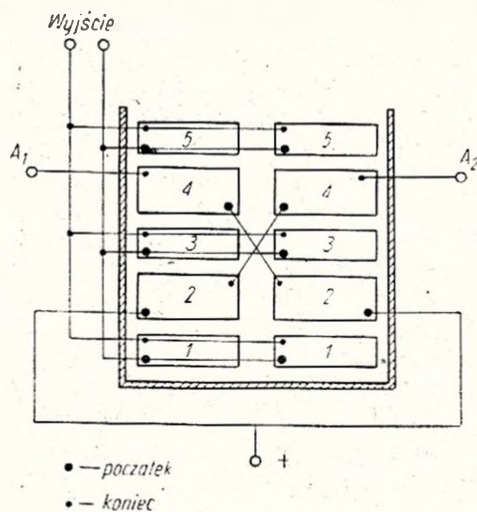
Oporniki i kondensatory użyte do budowy wzmacniacza powinny mieć tolerancję  $\pm 10\%$ .

Pierwsza lampa 6SN7 powinna być zaekranowana metalowym kubkiem (duża wrażliwość na oddziaływanie przydźwięku sieci).

Elementem konstrukcyjnym wzmacniacza, nastrojącym największe trudności, jest transformator wyjściowy. We wzmacniaczu modelowym transformator nawinięto na rdzeniu o przekroju około 7 cm<sup>2</sup> i wymiarach podanych na rys. 2. Wyjście dopasowane jest do głośnika lub zestawu głośni-



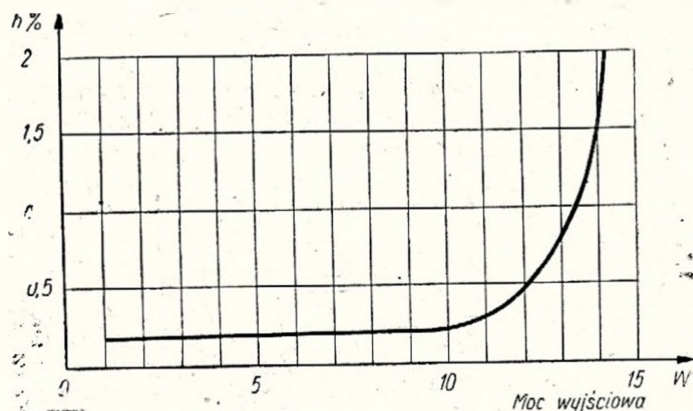
Rys. 2. Rdzeń użyty do wykonania transformatora wyjściowego



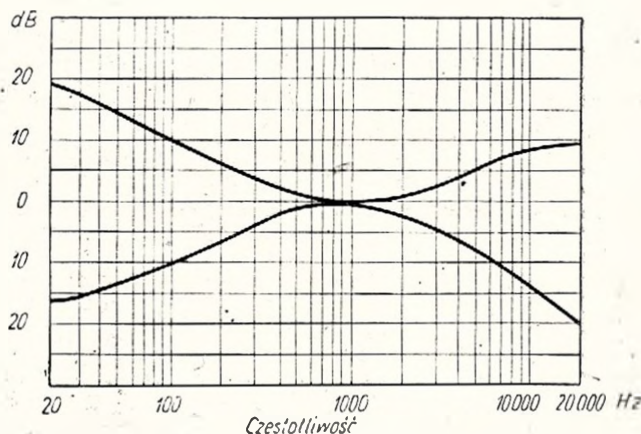
Rys. 3. Rozmieszczenie uzwojeń transformatora wyjściowego

kowego o oporności 4 ÷ 6 Ω. Ponieważ najkorzystniejsza oporność obciążenia lamp 6V6 w układzie przeciwsobnym w klasie AB1 wynosi 8000 Ω, przekładnia transformatora powinna wynosić około 40.

Układ uzwojeń pokazany jest na rys. 3. Strzałki oznaczają kierunek nawinięcia poszczególnych cewek. Cewki oznaczone cyframi 2 i 4 należy nawinąć emaliowanym drutem Cu 0,12 po 950 zwojów, zachowując kierunki uzwojeń; natomiast cewki 1, 3, 5 — emaliowanym drutem Cu 0,3



Rys. 4. Charakterystyka współczynnika zawartości harmonicznycch przy 1000 Hz



Rys. 5. Charakterystyka częstotliwości wzmacniacza zależnie od ustawienia korektorów

po 95 zwojów, wkładając między poszczególne cewki przekładki z papieru woskowanego. Cewki trzeba połączyć w sposób uwidoczony na rys. 3. Rdzeń składa się bez szczeliny. Szczegóły konstrukcji mogą być rozwiązane dowolnie przy zachowaniu ogólnie obowiązujących zasad.

### Wyniki

Wzmacniacz obciążono opornikiem 5  $\Omega$ . Charakterystyka częstotliwości jest liniowa w granicach 20 ÷ 20 000 Hz przy odchyleniach nie przekraczających — 0,3 dB.

Zniekształcenia nieliniowe (harmoniczne) przy mocy 10 W i częstotliwości 1000 Hz wynoszą 0,21%, przy mocy 13 W — 0,82% i wreszcie przy 15 W — 4%.

Zniekształcenia mierzone przy częstotliwości 40 Hz i mocy 10 W wyniosły 0,6%.

Podskok napięcia po odłączeniu obciążenia przy częstotliwości 1000 Hz wynosi 0,1 dB, co wskazuje na bardzo małą oporność wewnętrzną wzmacniacza.

Charakterystykę współczynnika zawartości harmonicznych przedstawiono na rys. 4, a charakterystykę częstotliwości, zależnie od ustawienia korektorów — na rys. 5.

ZENON SŁOWIŃSKI