



Układy superheterodynowe

Wyjaśnienie zasady działania odbiorników superheterodynowych rozpoczniemy od przypomnienia podstawowych wiadomości o pracy odbiorników o bezpośrednim wzmacnieniu. W odbiornikach tego typu (lampowych lub tranzystorowych) zachodzą następujące przemiany sygnałów radiowych:

- wydzielenie odpowiedniej fali radiowej (w obwodach rezonansowych),
- detekcja sygnału, czyli demodulacja diodowa lub siatkowa,
- wzmacnienie sygnału o małej częstotliwości (wzmacniacz może być jednostopniowy lub wielostopniowy).

Widzimy więc, że sygnał wybranej radiostacji (mówimy o sygnale wielkiej częstotliwości, który ściśle odpowiada długości odbieranej fali radiowej) jest poddawany bezpośrednio detekcji, a dalej już jako prąd małej częstotliwości wzmacniany jest w odpowiednim układzie i następnie doprowadzony do głośnika.

Aparaty tego typu mają zasadniczo tylko jedną zaletę: charakteryzują się prostotą układu, natomiast główne ich wady — to bardzo mała selektywność i mała czułość. Z tego powodu znajdowały one praktyczne zastosowanie w początkowym okresie rozwoju radiofonii, gdy pracowała mała ilość radiostacji. W obecnych warunkach konieczne jest stosowanie odbiorników o doskonałej selektywności (zdolności rozdzielania sygnałów o zbliżonej częstotliwości) ze względu na „tłok w eterze”. Wyśiłki konstruktorów skierowane na rozwiązanie tego problemu doprowadziły do wynalezienia układu z przemianą czę-

stotliwości, który uzyskał nazwę superheterodyny.

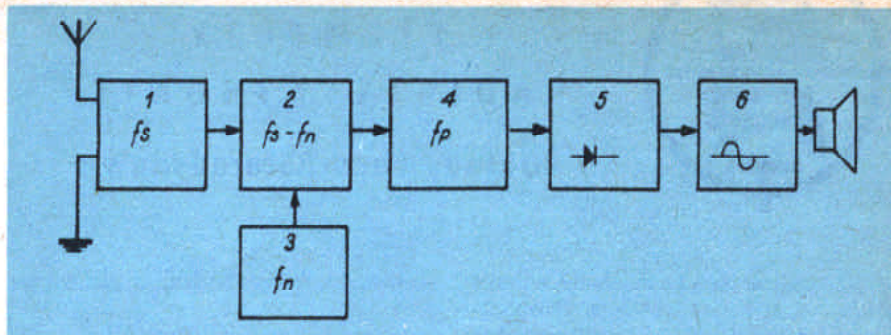
W odbiornikach superheterodynowych wprowadzono przemianę częstotliwości sygnału radiowego. Ogólnie mówiąc, zasada działania superheterodyny polega na tym, że sygnał radiowy (w. cz.) wydzielony w wejściowym obwodzie rezonansowym, zostaje przetworzony w stopniu przemiany na sygnał o częstotliwości pośredniej (p. cz.) przez „zmieszanie” go z sygnałem lokalnego oscylatora (zw. heterodyną), a następnie wzmacniany jest w kilku stopniach p.cz. Dalej, w układzie detekcyjnym, uzyskuje się sygnał małej częstotliwości, który znowu jest wzmacniany w odpowiednich układach lampowych lub tranzystorowych.

Dzięki zastosowaniu przemiany częstotliwości osiągnięto szereg istotnych zalet charakteryzujących odbiorniki superheterodynowe:

- zwiększona czułość (odbiór słabych sygnałów),
- korzystniejsza selektywność przy małym poziomie zakłóceń,
- uproszczone strojenie odbiornika.

Efekty te uzyskano jednak przez znaczne skomplikowanie całego układu. Na rys. 1 przedstawiony został układ blokowy superheterodyny.

Działanie członów wzmacniających małą częstotliwość jest już nam znane, obecnie więc zajmiemy się bliżej tylko opisem działania członu przemiany i heterodyny (oscylatora). Najogólniej można powiedzieć, że przemiana częstotliwości polega na uzyskaniu z dwóch częstotliwości f_s (częstotliwość sygnału)



Rys. 1. Schemat blokowy odbiornika superheterodynowego: 1 — obwody wejściowe, 2 — stopień przemiany, 3 — heterodyna, 4 — wzmacniacz p.cz., 5 — detektor, 6 — wzmacniacz m.cz.

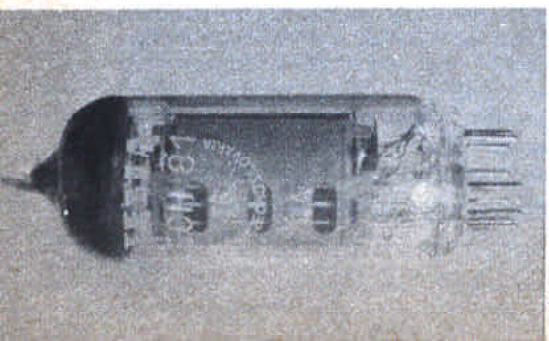
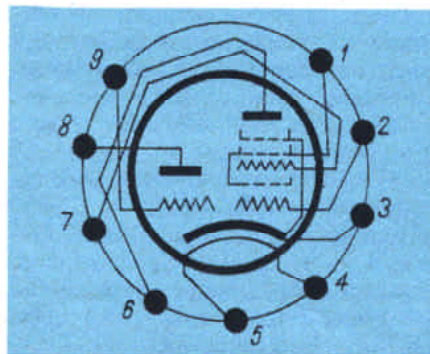
i f_h (częstotliwość heterodyny), które są podstawowymi składowymi — częstotliwości pośredniej f_p . W procesie mieszania drgań: f_s i f_h otrzymuje się składowe częstotliwości: różnicową ($f_h - f_s$) oraz sumacyjną ($f_h + f_s$), a także częstotliwości harmoniczne.

W praktycznych układach wykorzystuje się w pracy superheterodyny czę-

stotliwość różnicową ($f_h - f_s$), która przy przemianie częstotliwości jest częstotliwością pośrednią ($f_p = f_h - f_s$).

Wydzielanie częstotliwości f_p następuje w filtrze p.cz. pracującym w obwodzie anodowym lampy mieszającej. W filtrze tym także pozostałe częstotliwości składowe są tłumione. Do przemiany sygnałów stosuje się w układach superheterodynowych specjalne lampy (kombinowane) typu heksoda-triada. Powszechnie do tego celu w odbiornikach superheterodynowych są używane lampy typu ECH, np. ECH 81 (rys. 2). W bańce tej lampy mieszczą się dwa systemy: heksoda i triada, przy czym siatka pierwsza (sterująca) triody. W układach przemiany dla częstotliwości ultrawysokich (UKF) te typy lamp nie nadają się ze względu na znaczny czas przelotu elektronów przez ich wnętrze i zbyt duże szumy własne. W zakresach UKF stosowane są w obwodach przemiany lampy typu ECC (podwójne triody). W odbiornikach superheterodynowych budowanych na tranzystorach wykorzystuje się specjalne typy tranzystorów przystosowanych do pracy w obwodach wielkich częstotliwości.

Rys. 2. Schemat połączeń i wygląd zewnętrzny lampy elektronowej typu ECH 81



Znając już najogólniejsze zasady działania odbiornika superheterodynowego możemy rozpatrzyć dokładniej pod-

stawowe jego człony (nie występujące w odbiornikach z bezpośrednim wzmacnieniem). Mamy w tym wypadku na myśli człon przemiany częstotliwości i człon wzmacniacza pośredniej częstotliwości.

W układach heterodynowych stosowane są takie rozwiązania oscylatorów (generatorów) ze sprzężeniem zwrotnym, w których są zapewnione zależności fazowe i amplitudowe zgodnie z warunkiem samowzbudzenia. Sygnał na siatce musi być przesunięty o 180° względem sygnału na anodzie.

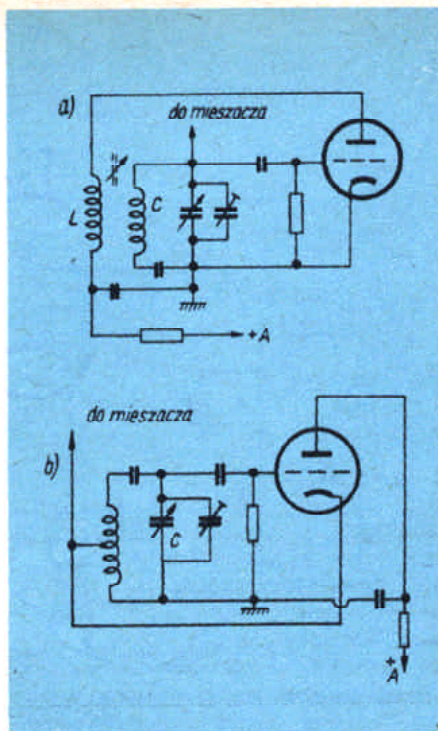
Na rys. 3 przedstawione zostały schematy idealowe oscylatorów stosowanych najczęściej w praktycznych rozwiązaniach. W obu układach zwróćmy uwagę na obwody rezonansowe. Składają się one z cewek indukcyjnych L i kondensatorów zmiennych C , które są włączone przez dodatkowe kondensatory stałe, tzw. skracające. Takie rozwiązanie stosuje się w celu uzyskania stałej różnicy częstotliwości strojenia obwodów heterodyny i obwodów wejściowych dla dowolnego położenia osi agregatu kondensatorów strojeniowych w odbiorniku.

Równoległe do kondensatorów zmiennych (C) są dołączone kondensatory stroikowe tzw. wyrównawcze, które umożliwiają wyrównanie minimalnych różnic pojemności w agregacie kondensatorów. Warunkiem dobrej pracy heterodyny jest wysoka stabilność częstotliwości.

Przemiana częstotliwości zachodzi w układzie mieszacza dwusiatkowego (rys. 4), w którym zastosowano lampę typu ECH. W części heksodowej tej lampy między siatką pierwszą a trzecią zachodzi mieszanie sygnałów. Sygnał heterodyny lokalnej jest podawany na siatkę S_3 , a sygnał radiowy na siatkę S_1 .

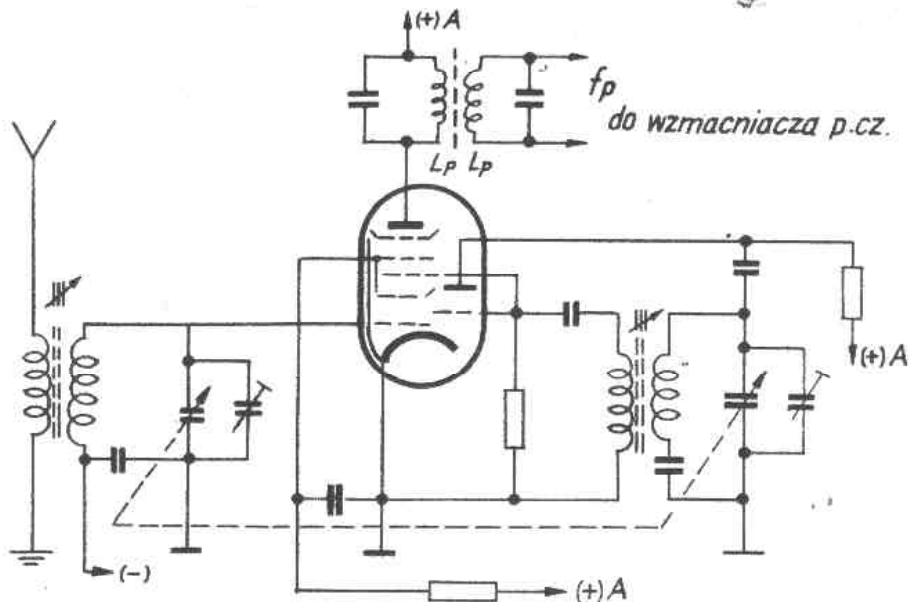
W efekcie tego w obwodzie anodowym płyną „zmieszane” prądy wielkiej częstotliwości wydzielane następnie w filtrze pośredniej częstotliwości.

Warunkiem należytej pracy heterodyny jest zasada współbieżności kondensa-



Rys. 3. Lampowe układy heterodyny: a — układ Meissnera, b — układ Hartleya

torów C_1 i C_2 (zmiennych) tak, aby dla każdego kąta położenia ich osi była zapewniona proporcjonalność zmiany pojemności. Jednocześnie ważne jest odpowiednie zestrojenie trzech różnych obwodów rezonansowych: obwodu wejściowego dla sygnału (f_s), obwodu heterodyny (f_h) oraz obwodu p.cz. (f_p). W tej sytuacji dwa pierwsze obwody są przestrajane kondensatorami zmiennymi, obwody pośredniej częstotliwości zaś są dostrojone do stałej częstotliwości pośredniej (zazwyczaj $f_p = 465$ kHz). Z wymienionych warunków pracy heterodyny wynika konieczność ścisłego zestrojenia poszczególnych obwodów. W praktyce rozwiązanie tego zadania wymaga zastosowania specjalnych przyrządów, zwanych generatorami sygnałowymi.



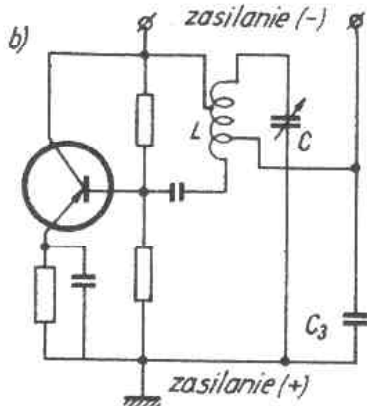
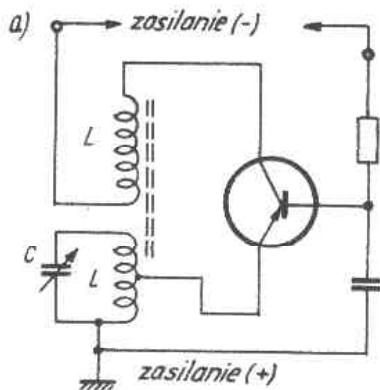
Rys. 4. Układ praktyczny lampowego mieszacza z heterodyną

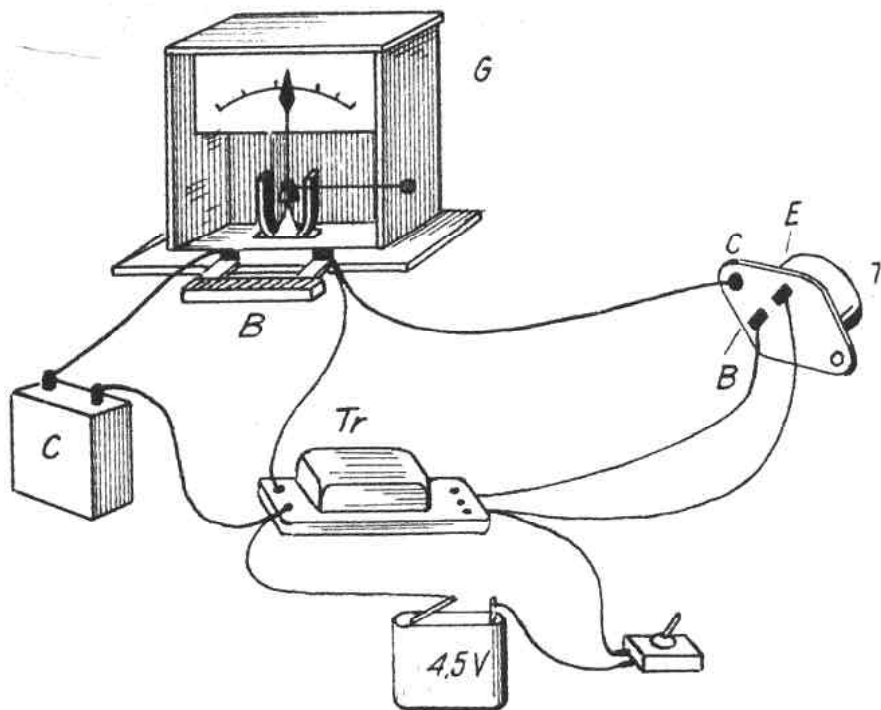
Tranzystorowe wersje oscylatorów stosowanych w obwodach heterodyny przedstawione zostały na rys. 5. W rozwiązaniach układów uwzględniono to, że tranzystory charakteryzują się zmniejszoną opornością wewnętrzną (w stosunku do lamp próżniowych), w związku

ku z tym obwód rezonansowy LC dla zmniejszenia tłumienia jest połączony z tranzystorem przez odczep cewki.

Na zakończenie zamieszczamy schemat doświadczalnego generatora o sprzężeniu indukcyjnym elektrycznych drgań o małej częstotliwości, które można

Rys. 5. Układy generatorów tranzystorowych: a — układ Meissnera, b — układ Hartleya

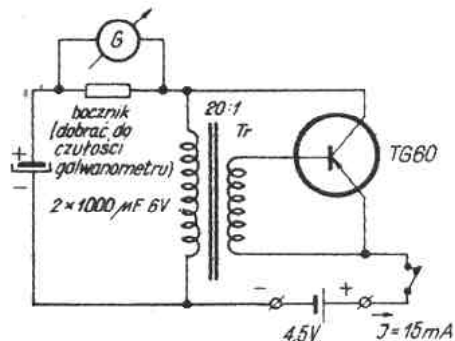




Rys. 7. Schemat montażowy doświadczalnego generatora tranzystorowego

obserwować wizualnie za pośrednictwem drgań wskazówki galvanometru. W związku z tym opisywany generator nadaje się do demonstracji zjawiska

Rys. 6. Schemat ideowy doświadczalnego generatora bardzo małych częstotliwości



wzbudzenia oscylacji w obwodach o sprzężeniu zwrotnym. Schemat generatora doświadczalnego przedstawiony został na rys. 6. Jego obwód rezonansowy LC składa się z uzwojenia transformatora Tr oraz kondensatora o dużej pojemności $2 \times 1000 \mu\text{F}$ (co umożliwi wytworzenie drgań o częstotliwości f równej około 0,3 Hz). Uzyskamy więc drgania o bardzo niskiej częstotliwości, których rytm zmian można obserwować na skali galvanometru. Układ jest zasilany z baterii o napięciu 4,5 V. W praktycznym rozwiązaniu (rys. 7) jako transformator Tr wykorzystamy transformator dzwonkowy, którego uzwojenie sieciowe połączymy do obwodu rezonansowego, a uzwojenie niskonapięciowe (8 V) do obwodu sprzęgającego. Tranzystor może być typu TG 60 lub TG 70.

Mgr inż. Witold Kozak