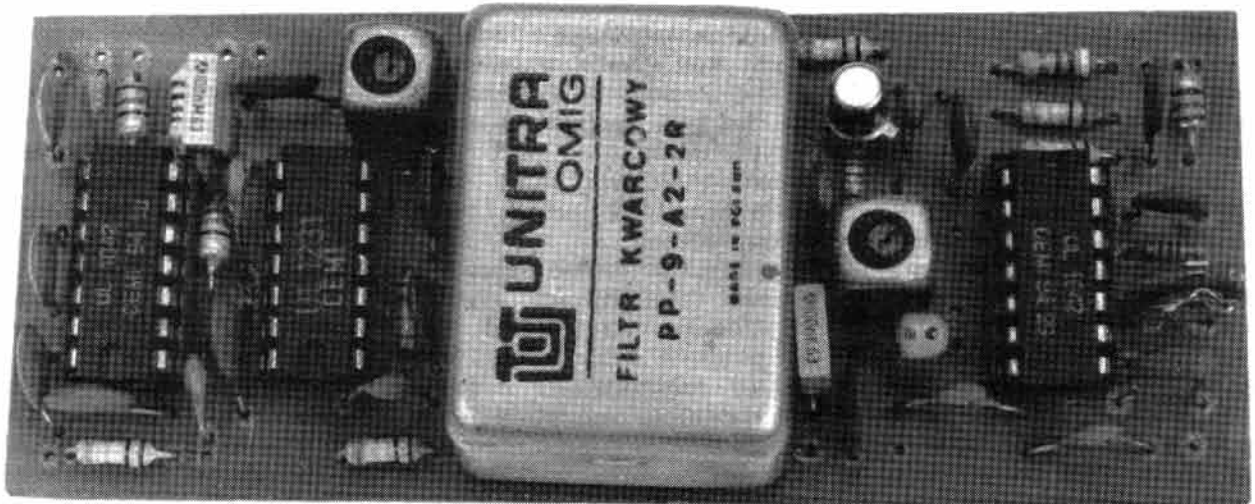


# Uniwersalne moduły transceiverów SSB, część 1

## kit AVT-173



Transceivery to podstawowe urządzenia nadawczo-odbiorcze krótkofalowca. W ostatnich latach na krajowym rynku stale rośnie asortyment importowanych transceiverów, zarówno KF jak i UKF. Cena wielopasmowych transceiverów często przekracza 1000 USD.

Są to złożone urządzenia, wyposażone w mikroprocesory i... przeróżne „wodotryski“, często nie w pełni wykorzystane. Jak wiadomo, są jeszcze wśród naszych Czytelników tacy, którzy nie tylko ze względów finansowych, ale i z zamiłowania do elektroniki i własnoręcznych konstrukcji krótkofalarskich próbują zbudować sobie transceiver we własnym zakresie. W artykule przedstawiamy konstrukcję łatwą do samodzielnego wykonania i zapewniającą jakość sygnału, zarówno po stronie nadawczej jak i odbiorczej, nie do odróżnienia od urządzeń fabrycznych.

Praca na własnoręcznie wykonanych transceiverach daje konstruktorowi wiele satysfakcji, zdarza się często tak, że urządzenie jest co pewien czas modernizowane i rozbudowywane według własnych upodobań i możliwości. Zmieniane są z reguły układy stanowiące wyposażenie dodatkowe. Uznaliśmy więc, że celowym będzie przedstawienie na początku uniwersalnego modułu (serca transceivera), z którego - po dołączeniu dodatkowych układów - można uzyskać urządzenia zarówno jednopasmowe jak i wielopasmowe, tak KF jak i UKF.

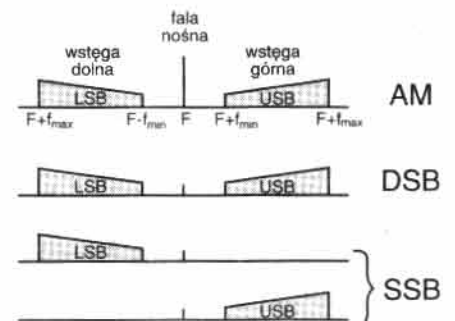
W artykule prezentujemy uniwersalny moduł przeznaczony do pracy emisją jednowstęgową (SSB). Zanim przejdziemy do opisu tego rozwiązania, przedstawimy minimum wiadomości o technice jednowstęgowej.

SSB na stałe zadomowiła się w radiokomunikacji profesjonalnej (m.in. na morzu, w wojsku) a także radiokomunikacji amatorskiej.

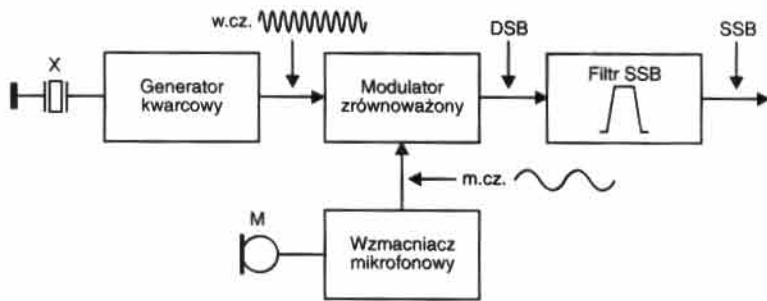
Jaka jest więc różnica pomiędzy SSB a typową emisją AM, którą posługują się rozgłośnie radiowe na falach długich czy średnich? Otóż w emisji AM wyróżnia się falę nośną oraz dwie

wstęgi boczne. Nawet na zwykłym odbiorniku radiowym przy odbiorze Warszawy łatwo zauważyć, że przy delikatnym pokręcaniu pokrętką strojenia stację możemy odebrać dwa razy po dwu stronach nośnej (rysunek 1). Jeżeli założymy 100% głębokość modulacji, to połowa mocy emitowanej przez nadajnik przypadnie na falę nośną, a druga połowa rozłoży się na wstęgi (25% na jedną wstęgę).

Łatwo zauważyć, że znacznie korzystniejsza z ekonomicznego punktu widzenia jest modulacja DSB, która polega na zmniejszeniu mocy fali nośnej, nie przenoszącej informacji. Emisja DSB (dwuwstęgowa z wyciętą lub zre-



Rys. 1. Sposób powstawania SSB



Rys. 2. Wzbudnica SSB

dukowaną falą nośną), pod względem energetycznym znacznie korzystniejsza od AM, nie może być odbierana bez zniekształceń na zwykłym odbiorniku radiofonicznym. Najprostszy minitransceiver przystosowany do nadawania i odbierania emisji DSB był opisany w EP 6/94 i znajduje się w ofercie handlowej jako kit AVT 174.

Ponieważ do przeniesienia informacji wystarczy tylko jedna ze wstęg bocznych, wymyślono sposób na „pozbycie się” jednej ze wstęg bocznych. Powstała w ten sposób emisja SSB zawiera tylko jedną wstęgę boczną: dolną, oznaczaną skrótem LSB, lub górną - USB. Stwierdzono, że poprzez ograniczenie jednej ze wstęg bocznych o około 30...50dB uzyskuje się korzystniejsze parametry w stosunku do typowej emisji AM:

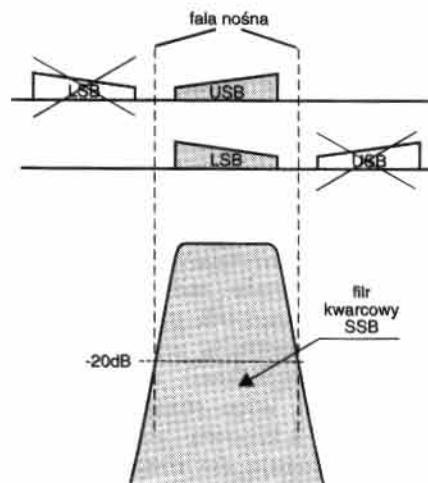
- brak interferencji pomiędzy sygnałami (brak fali nośnej), co umożliwia na ustawienie sygnałów SSB w bliskim sąsiedztwie,
- mniejsza szerokość pasma zajmowana przez sygnał SSB, co umożliwia pracę większej ilości stacji w danym wycinku pasma,
- cała moc nadajnika zostaje zużyta na wypromieniowanie jednej wstęgi bocznej,
- mniejsze szумы własne odbiornika wynikające z faktu dwukrotnego zawężenia pasma odbieranego (im węższe pasmo, tym mniejsze szумы),
- wypromieniowanie mocy przez nadajnik (pobór mocy przez zasilacz) odbywa się tylko w chwili modulacji, a więc mniejszy i lżejszy może być zasilacz i sam nadajnik,
- mniejsza jest moc sygnałów harmonicznych i zakłócających wysyłanych przez nadajnik (wynika to z istoty uzyskiwania sygnału SSB).

Urządzenia pracujące z emisją SSB obciążone są jednak pewnymi

wadami, najważniejszą z nich jest znaczna komplikacja układowa.

Układ formowania sygnału SSB nadajnika musi spełniać kilka poniższych warunków:

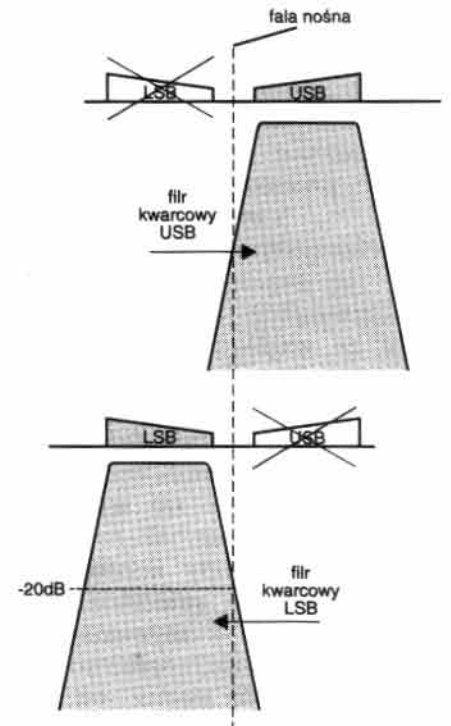
- sygnał wyjściowy musi mieć wytłumioną falę nośną i jedną wstęgę boczną,
- konieczna jest bardzo dobra stabilność częstotliwości sygnału wyjściowego, bowiem od tego zależy jakość odbioru SSB; przy różnicy częstotliwości nadawania i odbioru powstają duże zniekształcenia pogarszające zrozumiałość - dużo większe niż przy AM,
- pasmo akustyczne jest zawężone do przedziału 300...3000Hz,
- liniowa praca wzmacniacza SSB; uformowany sygnał SSB można mieszać w celu uzyskania wymaganej częstotliwości wyjściowej a następnie wzmacniać w układach liniowych (klasa A lub AB), to znaczy takich, gdzie zmiana amplitudy sygnału wyjściowego jest proporcjonalna do zmiany amplitudy sygnału wejściowego; nie można stosować powielania sygnału, a więc



również wzmacniaczy klasy C.

Formowanie sygnału SSB można zrealizować na kilka sposobów. W początkowym okresie rozwoju SSB stosowano metodę fazową. Polegała ona na tym, że stosowano dwa modulatory, do których doprowadzano przesunięte w fazie sygnały z generatora w.cz. oraz ze wzmacniacza mikrofonowego. W konsekwencji po zsumowaniu odpowiednio przygotowanych sygnałów uzyskiwało się zsumowanie składowych pożądanego wstęgi bocznej przy równoczesnym odjęciu (zniesieniu) niepożądanego wstęgi bocznej. Jest to metoda dosyć trudna w realizacji z uwagi na konieczność zastosowania szerokopasmowych przesuwników fazowych.

Obecnie, zarówno w sprzęcie profesjonalnym jak i amatorskim, stosuje się powszechnie filtrową metodę uzyskiwania SSB. Schemat blokowy filtrowej wzbudnicy SSB przedstawiono na rysunku 2. Do modulatora iloczynowego doprowadza się sygnał fali nośnej (częstotliwość kilka MHz) oraz sygnał m.cz. ze wzmacniacza mikrofonowego 300...3000Hz. W modulatorze następuje modulacja amplitudy oraz tłumienie fali nośnej rzędu 40dB. Na wyjściu mo-



Rys. 3. Sposób ustawienia fali nośnej na zboczu charakterystyki filtra SSB: a) z jednym filtrem, b) z dwoma filtrami

dulatora uzyskuje się sygnał DSB.

Przepuszczenie takiego sygnału przez specjalny filtr pozwala na wycięcie wstęgi bocznej. O tym, która wstęga boczna będzie wycięta, decyduje charakterystyka filtru w stosunku do częstotliwości fali nośnej. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że taki sam efekt uzyska się zarówno z jednym filtrem o symetrycznych zboczach przy zmianie częstotliwości generatora fali nośnej, jak i z jedną częstotliwością nośną i dwoma przełączanymi filtrami (jeden na górną, a drugi na dolną wstęgę boczną).

Pierwszy sposób (najczęściej stosowany) jest bardziej ekonomiczny, drugi zaś, droższy, stosowany m.in. w sprzęcie wojskowym, ma tę zaletę, że jedna częstotliwość nośna (np. 500kHz) może pochodzić z generatora wzorcowego wykorzystywanego w układzie syntezy częstotliwości PLL.

W pierwszym przypadku stosowane są z reguły filtry kwarcowe, np. 9MHz, a w drugim elektromechaniczne o częstotliwości 200 czy 500kHz. Ich szerokość pasma przenoszenia wynosi zwykle 2,2kHz (na poziomie -3dB), a tłumienie pozapasmowe przekracza 40dB. Powyższe sposoby uzyskiwania emisji SSB pokazano na rysunku 3.

Właściwą częstotliwość wyjściową uzyskuje się poprzez zmieszanie uformowanego sygnału SSB na wyjściu mieszacza. O tym, czy będzie to częstotliwość sumacyjna czy różnicowa, decydują wyjściowe obwody rezonansowe. Warto zwrócić uwagę, że tylko przy mieszaniu sumacyjnym zostaje zachowana wstęga sygnału

wyściowego SSB. Przy mieszaniu różnicowym, kiedy od częstotliwości generatora odejmuje się częstotliwość SSB, wstęga ulega odwróceniu (z dolnej na górną i odwrotnie). Jest to ważne, ponieważ w radiokomunikacji przyjęto, że do 10MHz stosuje się dolną wstęgę boczną, zaś powyżej 10MHz - górną.

W odbiorniku SSB zachodzą procesy odwrotne niż w nadajniku. Główną różnicą w stosunku do tradycyjnego odbiornika AM w odbiorniku SSB (jak i DSB) jest detektor iloczynowy z dodatkowym generatorem, tak zwanym BFO. Częstotliwość tego pomocniczego generatora musi być ustawiona na zboczu charakterystyki pasma pośredniej częstotliwości. Chodzi tutaj o odtworzenie drugiej, brakującej wstęgi bocznej i dopiero potem poddaniu sygnału demodulacji amplitudy. Wyjściowy sygnał małej częstotliwości, jako różnica częstotliwości pośredniej i częstotliwości BFO lub odwrotnie, jest już normalnym czytelnym sygnałem, takim, jaki został doprowadzony do wzmacniacza mikrofonowego nadajnika SSB.

Niektóre bloki podczas pracy emisją SSB mogą być wykorzystywane dwukrotnie (zarówno podczas nadawania jak i odbioru mogą pracować te same bloki). W takim zestawie nadawczo-odbiorczym zwanym transceiverem, wykorzystuje się z reguły dwukrotnie następujące układy:

- filtr kwarcowy (przy nadawaniu do wycinania zbędnej wstęgi bocznej, a przy odbiorze do za-

pewnienia odpowiedniej selektywności odbiornika),

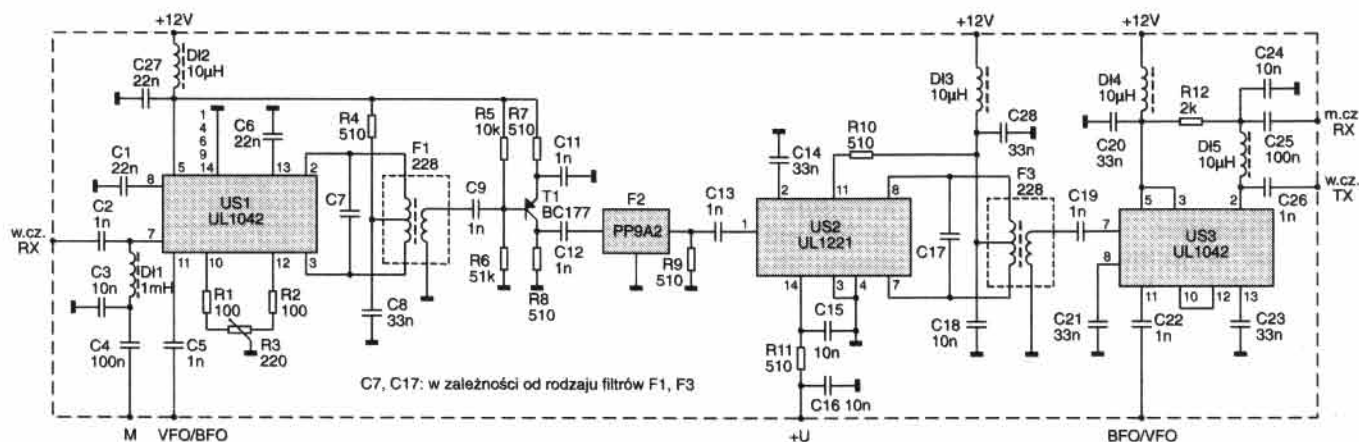
- generator fali nośnej (przy nadawaniu do formowania sygnału DSB, zaś przy odbiorze - jako dodatkowy generator detektora iloczynowego, zwany BFO),
- generator VFO (podczas nadawania do uzyskania właściwej częstotliwości wyjściowej, natomiast podczas odbioru do uzyskania odpowiedniej częstotliwości pośredniej).

W niektórych rozwiązaniach wykorzystuje się mieszacze jako modulatory oraz wzmacniacze akustyczne odbiornika jako wzmacniacze mikrofonowe. Spotyka się również urządzenia wykorzystujące wspólnie nawet 90% układów, ale jest to w pewnym stopniu rozwiązanie kompromisowe, bo np. wzmacniacz sygnału nadajnika co prawda może zostać wykorzystany jako wzmacniacz odbiornika, ale należy liczyć się ze znacznymi szumami własnymi.

Analizując konstrukcje transceiverów na przestrzeni prawie dwudziestu lat, od kiedy SSB zaczęła być na dobre stosowana wśród amatorów, daje się zauważyć trzy koncepcje ich budowy:

- koncepcja w/g firmy ATLAS (Niemcy),
- koncepcja według firmy PLESSEY (Anglia),
- koncepcja mieszana (według indywidualnego pomysłu, łącząca obydwie w/w rozwiązania).

W artykule przedstawiamy praktyczne rozwiązanie uniwersalnych bloków transceivera wykonanych na ogólnie dostępnych podzespołach, zbudowanych w oparciu o



Rys. 4. Schemat elektryczny modułu transceivera według koncepcji firmy ATLAS (rozwiązanie zastosowane w AVT-173)

koncepcję firmy ATLAS.

Układ z **rysunku 4** pracuje właśnie w oparciu o koncepcję ATLASA. We wzmacniaczu pośredniej częstotliwości zastosowano filtr kwarcowy 9MHz. Zasadnicza różnica w stosunku do rozwiązania oryginalnego polega na zastosowaniu zamiast dwóch zrównoważonych mieszaczy czterodiodowych dwóch popularnych układów scalonych UL1042, przeznaczonych głównie do konwerterów radiowych. Aby zrozumieć zasadę działania układu omówimy najpierw przebieg sygnału w przypadku odbiornika, a potem nadajnika.

### Odbiornik

Odfiltrowany sygnał z anteny jest podawany na pierwsze wejście mieszacza UL1042, zaś na drugie - sygnał z przestrajanego generatora tzw. VFO. Sygnał wyjściowy, będący sumą lub różnicą obydwu składowych, poprzez filtr F1 zestrojony na częstotliwość 9MHz jest podany na wstępny wzmacniacz p.cz. - układ dopasowania na tranzystorze T1. Wartości rezystorów R8, R9 zamykających filtr odpowiadają impedancji wejściowej i wyjściowej filtru kwarcowego PP9A2 produkcji OMIG. Bezpośrednio po filtrze znajduje się wzmacniacz pośredniej częstotliwości 9MHz zrealizowany na układzie scalonym UL1221.

Wzmocniony sygnał SSB, poprzez filtr wyjściowy F3, jest skierowany na trzeci układ scalony UL1042 pełniący funkcję detektora iloczynowego. Na drugie wejście detektora jest podawany sygnał z generatora 9MHz pełniącego funkcję BFO. Jego dokładna częstotliwość pracy jest uzależniona od zastosowanego filtru kwarcowego. Do filtru PP9 producent załącza dwa rezonatory (piloty) o częstotliwości 8998,5MHz oraz 9001,5MHz.

Sygnał wyjściowy, będący różnicą dwóch częstotliwości składowych, poprzez kondensator C25 jest podawany na wzmacniacz małej częstotliwości i dalej do głośnika lub słuchawek.

### Nadajnik

Sygnał ze wzmacniacza mikro-

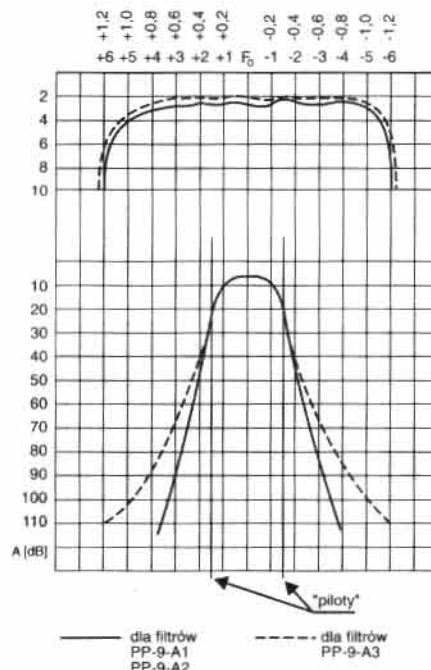
Tabela 1. Dane techniczne filtrów PP9 w odmianach A1, A2 i A3

| Parametry   | Jedn.   | Odmiana A1                             | Odmiana A2 | Odmiana A3 |
|---|---|--|------------|------------|
| Częstotl. znamionowa $f_0$  | kHz   | 9000±0,2                               | 9000±0,15  | 9000±0,15  |
| Min. szer. pasma przepustowego na poziomie 6dB                                  | Hz  | 2100                                   | 2400       | 2300       |
| Max. nierównomierność tłumienności w zakr. 70% szer. pasma przepust.            | dB  | 2,5                                    | 2,0        | 1,5        |
| Max. tłumienność wtrącenia  | dB  | 4,5                                    | 3,5        | 3,0        |
| Współczynnik stromości charakt. na poziomie:                                    |   |  |            |            |
| 40dB  |   | —                                      | —          | 1,7        |
| 60dB  |   | 2,0                                    | 1,8        | 2,4        |
| 80dB  |   | —                                      | 2,3        | —          |
| Min. tłumienność w pasmie tłumieniowym w zakresie $f_0 \pm (4...300\text{kHz})$ | V   | 80                                     | 95         | 70         |
| Znamionowa impedancja obciążenia $Z_{we} = Z_{wy}$                              |   | 500 ± 5Ω<br>30pF ± 1pF                 |            |            |
| Zakres temp. pracy  | °C  | 5...55 oznacza 4<br>-25...70 oznacza 2 |            |            |
| Max. poziom wyjściowy   | V   | 1                                      |            |            |
| Przykład oznaczenia:  | PP-9-A2/4-2R - filtr odmiany A2 przewidziany do pracy w zakr. temp. 5°C...55°C  |  |            |            |
| Zastosowania:   | Filtr jest przeznaczony do pracy w urządzeniach krótkofalarskich; współpracuje z dwoma rezonatorami (pilotami) typu RP-9 o częstotliwościach:<br>f = 8998,5kHz - RP-9-2<br>f = 9001,5kHz - RP-9-4<br>rezonatory pracują w rezonansie z pojemnością 30pF |  |            |            |

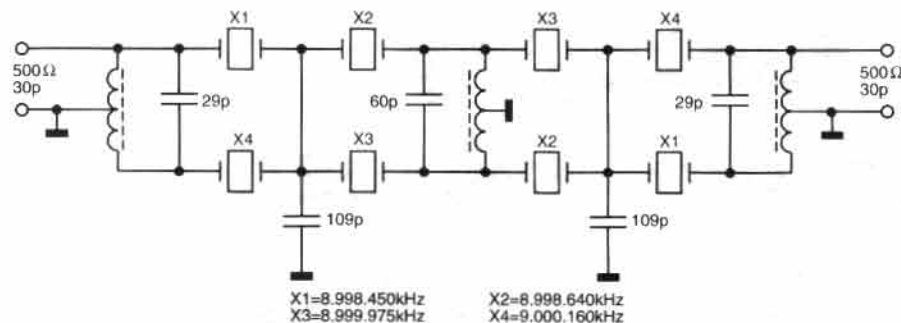
fonowego jest podawany poprzez dławik D11 na pierwsze wejście modulatora (US1), zaś sygnał generatora fali nośnej (BFO) na drugie wejście (kluczujące). W momencie pojawienia się sygnału akustycznego na wyjściu modulatora (filtru F2) pojawia się fala nośna. Zrównoważenie układu dokonuje się za pośrednictwem potencjometru R3.

Droga przebiegu sygnału w.cz. przez filtr jest taka sama, jak przy odbiorze. Wzmocniony sygnał DSB z wyjścia wzmacniacza tranzystora T1 jest podany na filtr kwarcowy. W zależności od częstotliwości generatora fali nośnej, na wyjściu filtru pojawia się górna wstęga boczna (przy  $f_{BFO} = 8998,5\text{MHz}$ ) albo dolna (przy  $f_{BFO} = 9001,5\text{MHz}$ ).

Uformowany sygnał SSB po niewielkim wzmocnieniu w układzie US2 jest następnie podany



Rys. 5. Charakterystyka tłumienności filtra kwarcowego PP9 (OMIG)



Rys. 6. Schemat fabrycznego filtra PP9-A2 (OMIG)

na mieszacz z układem US3. Na drugie wejście tego mieszacza przychodzi tym razem sygnał z generatora VFO. Bezpośrednio na wyjściu mieszacza powinien znajdować się obwód rezonansowy decydujący, o tym która składowa (sumacyjna czy różnicowa) będzie dalej wzmacniana w torze nadaj-

nika i doprowadzana do anteny.

### Filtry

Nieco szerszego omówienia wymagają jednowstęgowe filtry kwarcowe typu PP9 przeznaczone do pracy w urządzeniach krótkofalarskich. Zakłady OMIG produkują takie filtry w trzech odmianach:

A1, A2, A3. Dane techniczne tych filtrów zawarto w tabeli 1, zaś charakterystykę tłumienności przedstawiono na rysunku 5.

Najlepsze do zastosowań w transceiverach SSB są filtry PP9-A2 ze względu na charakterystykę najbardziej zbliżoną do prostokątnej. Są to filtry ośmiokwarcowe, wykonywane według rysunku 6. Każdy rezonator, jak i każda cewka takiego filtra, znajdują się w indywidualnej obudowie, pomimo zewnętrznej obudowy ekranującej całego filtra (dla uzyskania bardzo dużego tłumienia pozapasmowego około 95dB).

**Andrzej Janeczek SP5AHT**

*c.d w EP 8/95*