

Amatorski radiotelefon FM — 2 m

mgr inż. ANDRZEJ JANECZEK

Przedstawiony poniżej opis radiotelefonu jest przeznaczony dla bardziej zaawansowanych konstruktorów, którzy chcieliby wykonać własnoręcznie przenośny radiotelefon, nie ustępujący w zasadzie fabrycznym radiotelefonom o zbliżonej częstotliwości pracy i mocy.

PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE

Rodzaj emisji:	F3
Rodzaj pracy:	simplex
Liczba kanałów:	1
Częstotliwość pracy:	145,3 MHz (uzależniona od zastosowanych rezonatorów kwarcowych)
Dewiacja częstotliwości:	± 3 kHz
Pasma przenoszenia m.cz.:	300 ÷ 3000 Hz
Moc wyjściowa nadajnika:	ok. 0,3 W
Czułość odbiornika, przy stosunku sygnałów do szumu 20 dB:	około 1 μ V
Moc wyjściowa m.cz. odbiornika:	około 0,2 W
Zasilanie:	12 V (2 akumulatory 5KB26/9 lub 8 szt. ogniw R6)
Wymiary obudowy:	200 × 75 × 60 mm

Podana częstotliwość pracy 145,300 MHz jest przydzielona dla rejonów: Warszawa, Koszalin, Jelenia Góra, Opole i Nowy Sącz, przeto aby bez problemów można było nawiązać łączność w istniejących sieciach w kraju należy przed przystąpieniem do budowy radiotelefonu ustalić częstotliwość pracy właściwą dla danego rejonu [1], a następnie po uzyskaniu odpowiednich rezonatorów przystąpić do budowy urządzenia.

Schemat blokowy radiotelefonu przedstawiono na rys. 1. Składa się on z dwóch zasadniczych bloków: odbiornika z podwójną przemianą częstotliwości i nadajnika z bezpośrednią modulacją częstotliwości, zestawionych na dwóch oddzielnych płytkach montażowych.

Do budowy odbiornika wykorzystano, z niezbędnymi zmianami, układ przemiany częstotliwości z układem scalonym US1 — UL1111 pierwotnie stosowanym w odbiorniku KF opisanym przez SP5QUI21.

Schemat całego radiotelefonu jest przedstawiony na rys. 2. Przy zestykach przekaźnika Pz1 ustawionych jak na rysunku, sygnał z anteny (o częstotliwości kanału) jest wzmacniany we wzmacniaczu w.cz. z tranzystorami T1, T2, a następnie podlega przemianie częstotliwości w mieszaczu z tranzystorami T3, T4, T7. Dla tej częstotliwości pracy układu i przy założonej $f_{\text{pośr.cz.}}$ 10,7 MHz jest wymagana częstotliwość I generatora 134,6 MHz. Uzyskano ją z

prostego układu z tranzystorem T7 pracującym z jednoczesnym powielaniem (wg Jones'a W6AJF). Układ jest sterowany z rezonatora 26,92 MHz w obudowie miniaturowej. Przy takim rezonatorze następuje powielanie pięciokrotne. Obwód z elementami L7, C14 w emiterze tranzystora T7 musi być nastrojony na częstotliwość 26,92 MHz, zaś obwód z elementami L6, C12 znajdujący się w kolektorze — na częstotliwość wyjściową, tj. 134,6 MHz.

W wypadku zastosowania innych rezonatorów, dających po powieleniu tę samą częstotliwość wyjściową, należy skorygować wartość elementów obwodu L7, C14.

Jeżeli będą trudności z doбором rezystora na wymaganą częstotliwość, należy zrezygnować z filtru F1-FCM 10,7 i zastąpić go kondensatorem 1 nF. Filtr z elementami L4, C11 należy tak zestroić oraz dobrać częstotliwość drugiego generatora z rezonatorem X2, aby uzyskać częstotliwość wyjściową II mieszacza (T5, T6) 465 kHz.

Dla częstotliwości pośredniej 10,7 MHz rezonator kwarcowy X2 powinien pracować na częstotliwości 11,165 MHz lub 10,235 MHz.

Kondensator C18 umożliwia niewielką korekcję tej częstotliwości dzięki czemu można ustawić sygnał wejściowy na środku charakterystyki filtru F2 — 465 kHz. Filtr ten decyduje o selektywności całego toru odbiorczego.

Pasma przenoszenia zastosowanego filtru piezoceramicznego typu FCD-465-7-36 jest wystarczające do poprawnego odbioru modulacji częstotliwości o maksymalnej dewiacji ± 3 kHz (dopuszczalna maksymalna dewiacja nadajnika amatorskiego wg zaleceń IARU).

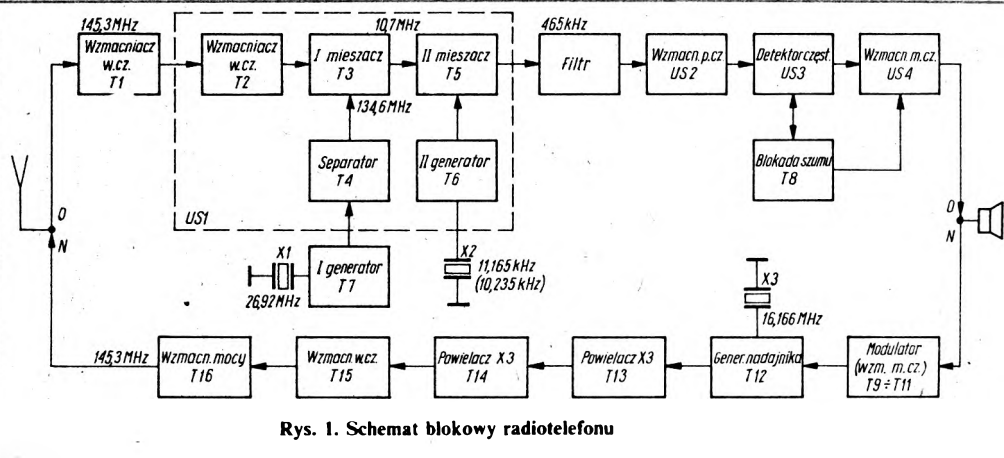
Wspomniany filtr jest w zasadzie przeznaczo-

ny do pracy w układach pośr.cz. odbiorników radiofonicznych, zapewniając częstotliwość środkową 465 ± 2 kHz przy szerokości pasma przenoszenia 7 ± 1 kHz (na poziomie -6 dB) oraz tłumieniem w pasmie zaporowym nie mniejszym niż 36 dB (przeciętnie ponad 40 dB). Aby jednak stworzyć pewną rezerwę szerokości pasma dla sygnałów o dewiacji nieco większej od wymaganej i nieco odstrojonych od środkowej częstotliwości kanału (co może mieć miejsce przy niedokładnym przystosowaniu radiotelefonu profesjonalnego do potrzeb amatorskich zgodnie z wymogami IARU) przeprowadzono selekcję wśród kilku filtrów i wybrano ten „gorszy”, charakteryzujący się najszerszym pasmem przenoszenia.

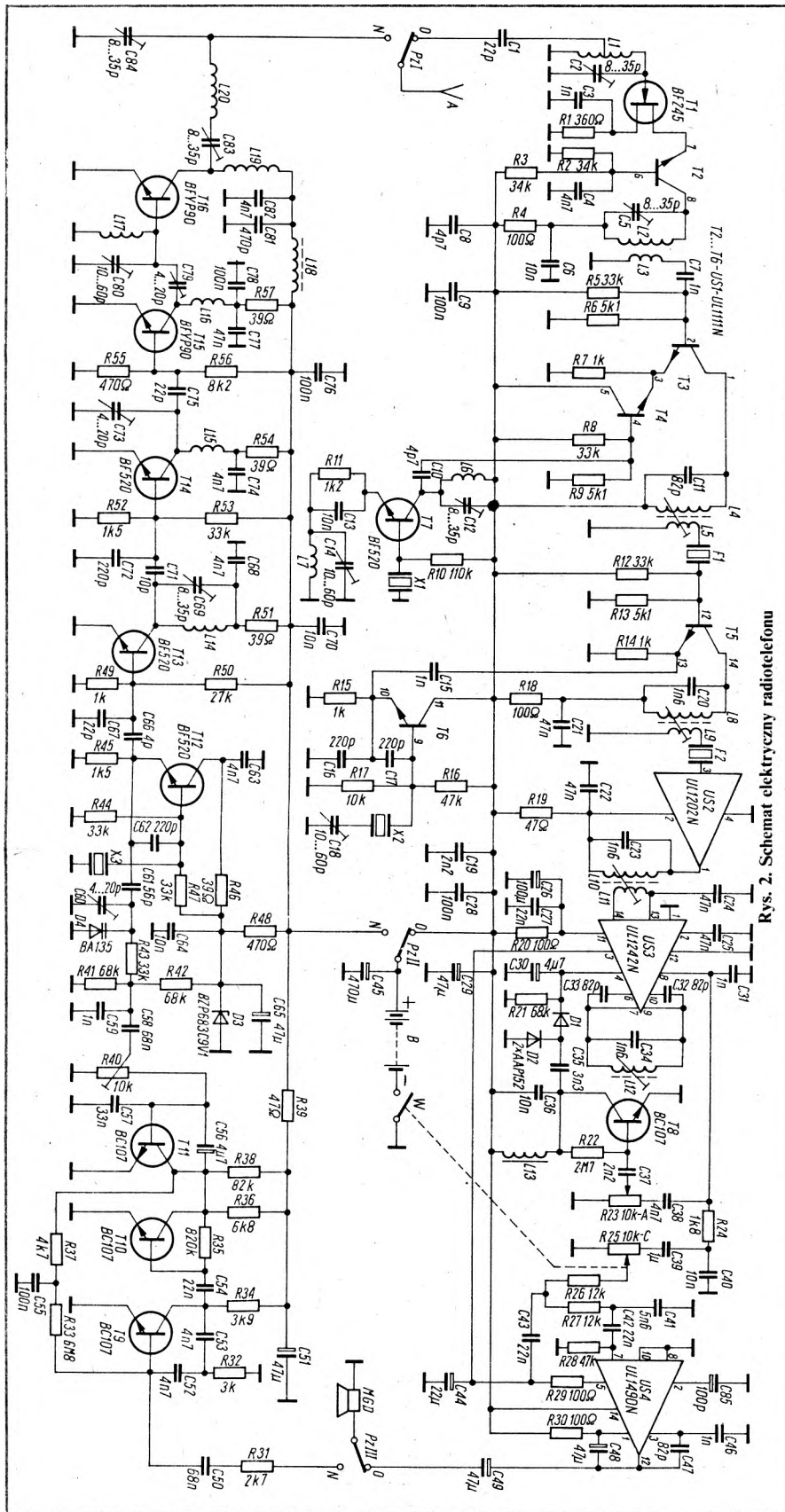
Zamiast filtru FCD-465-7-36 można zastosować inne filtry, np. FCD-465-10-60 lub 465-12-60, które charakteryzują się tłumieniem w pasmie zaporowym większym od 60 dB i szerokością pasma odpowiednio 10 i 12 kHz. Jeśli uwzględni się fakt, że w niektórych ośrodkach zagęszczenie sieci FM jest bardzo małe, to nawet filtr LC (pośr. cz. 465 kHz) spełni swoje zadanie; wrosną jednak szumy.

Za filtrem F2 włączono bezpośrednio wzmacniacz pośr. cz. 465 kHz z układem scalonym US2 — UL1202, który dostarcza wzmocnienia około 25 dB. Układ scalony US3 (UL1242N) pracuje jako wzmacniacz-ogranicznik i dmodulator FM. Charakteryzuje się on wzmocnieniem napięciowym ponad 60 dB i napięciem wyjściowym m.cz. na wyprowadzeniu 8 — około 0,5 V.

Napięcie m.cz. z wyjścia układu scalonego US3 doprowadzono przez rozbudowany filtr dolnoprzepustowy RC stanowiący układ deemfazy, do wzmacniacza m.cz.



Rys. 1. Schemat blokowy radiotelefonu



Rys. 2. Schemat elektryczny radiotelefonu

US4 — UL1490N i dalej, przez zestyki przełącznika PzIII do mikrofono-głośnika. Przy zastosowaniu deemfazy o nachyleniu charakterystyki około 6 dB/oktawę następuje obniżenie poziomu składowych większych częstotliwości o wartość wydatnie-

nia w nadajniku, dzięki czemu charakterystyka wypadkowa ma przebieg zbliżony do tej, jaka jest na wejściu modulatora nadajnika. Jednocześnie z obniżeniem poziomu większych częstotliwości sygnału użytecznego zostają zmniejszone szумы, które jak

wiadomo są skupione w zakresie większych częstotliwości.

Do regulacji siły dźwięku służy potencjometr R25, umieszczony zewnątrz, obok przełącznika nadawanie-odbiór.

Sygnal z wyjścia US3 jest dodatkowo kierowany przez potencjometr R23 do układu blokady szumów. Przy braku na wejściu odbiornika sygnału w.c.z. pojawiają się uciążliwe dla obsługi silne szумы, które są spowodowane szerokim pasmem przeniesienia i dużym wzmocnieniem całego toru odbiorczego. Tranzystor T8 wraz z filtrem L13, C36 zestrojonym na częstotliwość około 10 kHz, spełnia funkcję wzmacniacza rezonansowego szumów. Selektowne wyodrębnienie pasma szumów przez filtr LC jest tu konieczne, aby uniknąć wpływu większych częstotliwości modulujących lub zakłóceń na układ blokady.

Na wyjściu wzmacniacza rezonansowego szumów znajduje się prostownik z diodami D1 i D2, pracujący w układzie podwajacza napięcia. Pojawiające się napięcie stałe na filtrze z elementami R21, C30 wprowadza w nasycenie pojedynczy tranzystor wchodzący w skład układu UL1242N (wyprowadzenia 4, 3, 12) i w rezultacie — przez zablokowanie rezystora R29 do masy — powoduje wyciszenie wzmacniacza US4. Przychodzący sygnał wycisza szумы i przez odetkanie toru m.c.z. powoduje jego natychmiastowy powrót do normalnej pracy. Chcąc stworzyć możliwość odbioru słabych sygnałów nieraz bardzo odległych stacji, należy potencjometr R23 ustawić w położeniu zerowym lub ustawić poniżej progu czułości blokady.

Podczas nadawania (po wciśnięciu przycisku N/O) sygnał z mikrofono-głośnika jest doprowadzany do wzmacniacza modulacyjnego z tranzystorami T9 i T10. Obciążenie częstotliwości poniżej 300 Hz osiągnięto dzięki charakterystyce stosowanego mikrofono-głośnika MGD-3 oraz małym wartościom pojemności sprzęgających. Ograniczenie częstotliwości większych niż 3 kHz spełnia amplifiltr z tranzystorem T9, wyposażony w dobrane elementy C53, R32, C54 w pętli sprzężenia zwrotnego. Cały tor wzmacniacza odznacza się ponadto narastającym wzmocnieniem o około 6 dB/oktawę w „stronę” częstotliwości większych (preemfaza) oraz dzięki układowi z tranzystorem T11, ograniczeniem maksymalnej dewiacji. Przy głośniejszym mówieniu do mikrofonu maleje napięcie na kolektorze tranzystora T11, co dalej przez człon filtrycyjny R37, C55, R33 powoduje zmniejszenie wzmocnienia tranzystora T9. Ustawienie właściwej dewiacji zapewnia potencjometr R40.

Po modulatorze, następnym stopniem jest generator (T12) z bezpośrednią modulacją częstotliwości. Elementem reaktancyjnym, powodującym dewiację częstotliwości, pro-

porcjonalnie do napięcia przebiegu akustycznego, jest dioda pojemnościowa D4 spolaryzowana zaporowo. Rezystory R41 i R42 tworzą dzielnik wstępny polaryzacji diody, który służy do uzyskania możliwie najbardziej liniowych zmian pojemności diody pod wpływem przyłączonego napięcia.

Pojemność C59 ma za zadanie zapobieżenie sprzężeniu sygnałów w.cz.

W układzie zastosowano rezonator kwarcowy X3 w oprawie miniaturowej, o częstotliwości 16 166,6 kHz. Częstotliwość ta po powieleniu 9-krotnym daje na wyjściu nadajnika częstotliwość 145,3 MHz. Precyzyjne ustawienie tej częstotliwości przy wyłączonej modulacji zapewnia kondensator C60. W celu zwiększenia stabilności częstotliwości zastosowano stabilizację napięcia zasilającego generator wraz z układem wstępnej polaryzacji diody.

Pierwszy powielacz z tranzystorem T13 pracuje na częstotliwości 48 MHz, o której decyduje obwód rezonansowy L14, C69. Częstotliwość ta jest następnie również potrajana w powielaczu z tranzystorem T14 i obwodem L15, C73.

Układ końcowy z tranzystorami T15 i T16 stanowi dwustopniowy wzmacniacz zestrojony na częstotliwość 145,3 MHz. Optymalne sprzężenie z anteną zapewnia obwód C84, L20, C83. Stopień z tranzystorem T16 pracuje w klasie C bez wstępnej polaryzacji, natomiast stopnie powielaczy mają niewielką polaryzację bazy poprzez dzielniki rezystancyjne.

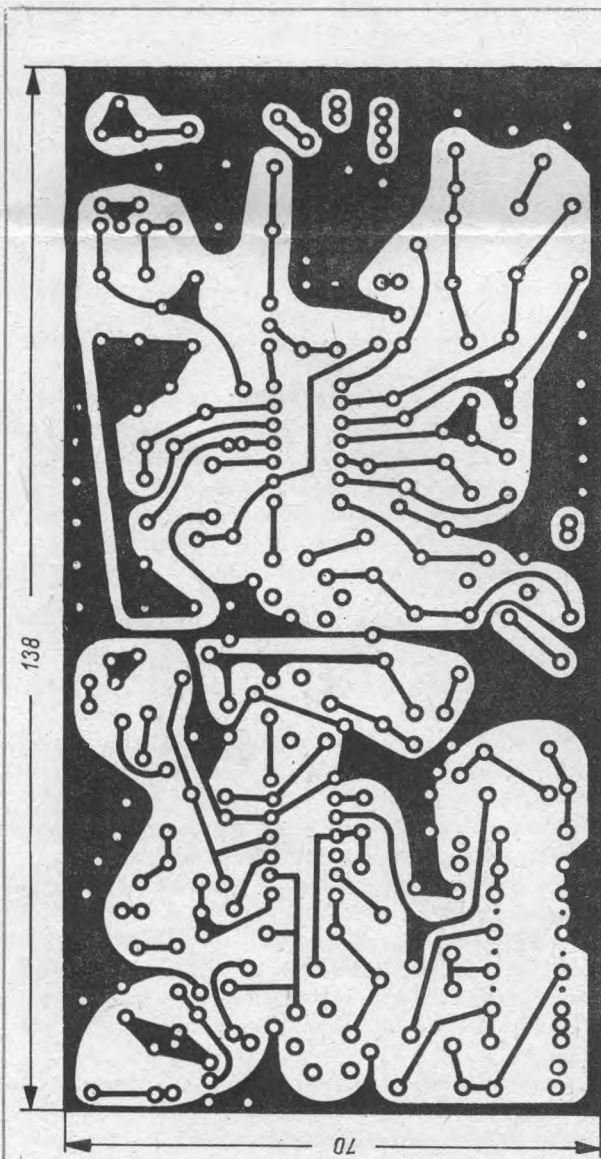
Radiotelefon zmontowano na dwóch płytkach drukowanych o wymiarach 140 × 70 mm każda; osobno część odbiorcza (rys. 3, 4), osobno nadawcza (rys. 5, 6). Na płycie nadajnika znajduje się dodatkowo przełącznik N/O typu Isostat oraz mikrofo-

no-głośnik. Całość wraz z dwoma akumulatorami zmontowano w obudowie, której szkic jest przedstawiony na rys. 7.

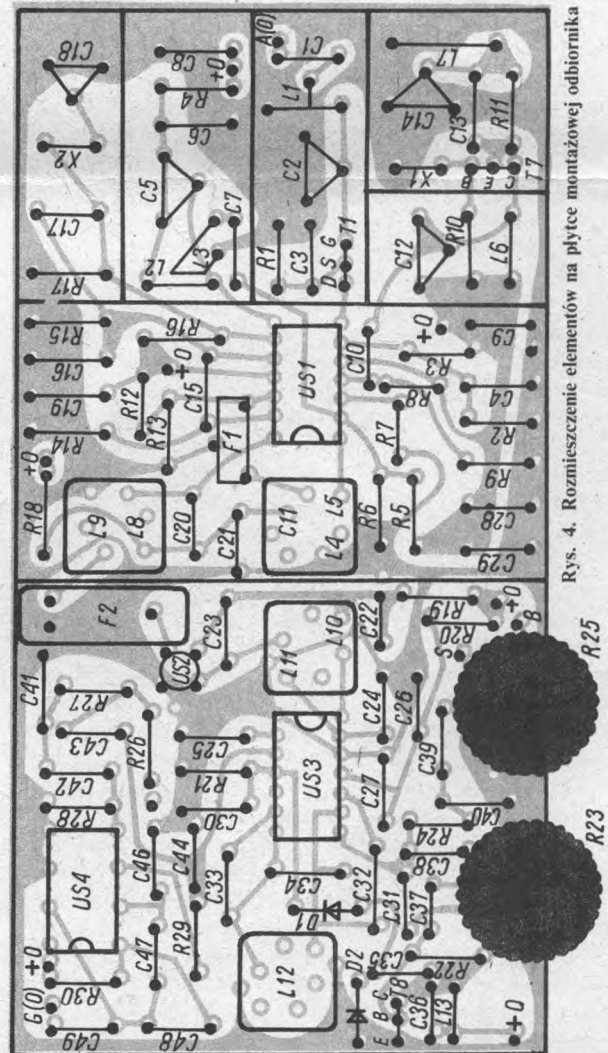
Uruchomienie i zestrojenie bloków jest uzależnione od posiadanych przyrządów pomiarowych. Radiotelefon można w warunkach amatorskich uruchomić mając jedynie GDO i sondę w.cz., choćby prowizorycznie włączoną do miernika uniwersalnego. W każdym razie wskazane jest rozpoznać uruchomienie radiotelefonu od strony nadawczej przy sztucznym obciążeniu wyjścia antenowego rezystorem bezindukcyjnym 75 Ω/1 W.

Obwody rezonansowe powielaczy należy stroić z sondą pomiarową w.cz. włączoną do bazy stopnia następującego po strojonym obwodzie.

Strojenie filtra wyjściowego należy przeprowadzić przy włączonej antenie. Do sprawdzenia właściwej częstotliwości wyj-



Rys. 3. Płytki montażowa odbiornika

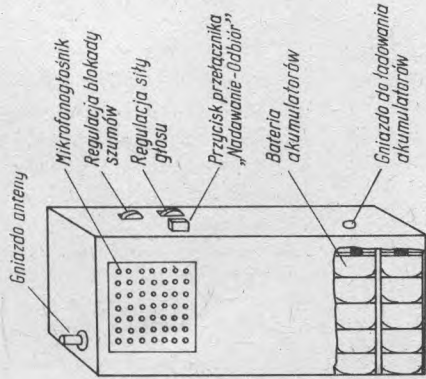


Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce montażowej odbiornika

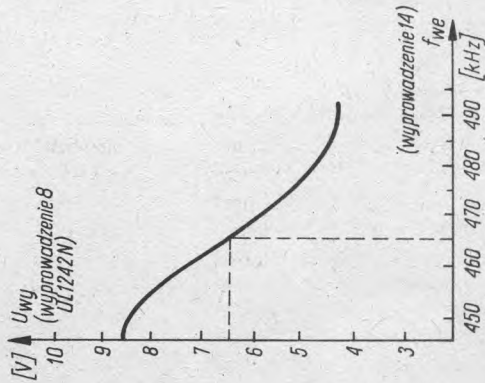
ściowej i dewiacji nadajnika można korzystać z innego sprawnego radiotelefonu nastawionego na dany kanał. Optymalne ustawienie częstotliwości wyjściowej należy przeprowadzić za pomocą trymera C60, zaś dewiacji — potencjometrem R40. Mając uruchomioną płytkę nadajnika można z jej pomocą zestroić płytkę odbiornika. Czynność ta powinna być przeprowadzona przy krótkiej antenie w pewnej odle-

głości między układami (np. umieszczonymi w sąsiednich pokojach) przy modulacji nadajnika sygnałem z generatora 1 kHz. Wszystkie obwody odbiornika oprócz L12, C34 należy zestroić na maksymalną siłę odbieranego sygnału. Zestrojenie detektora FM w porównaniu ze strojeniem typowych dyskryminatorów czy detektorów stosunkowych (diodowych) jest nieco prostsze; ogranicza się jedynie do ustawienia

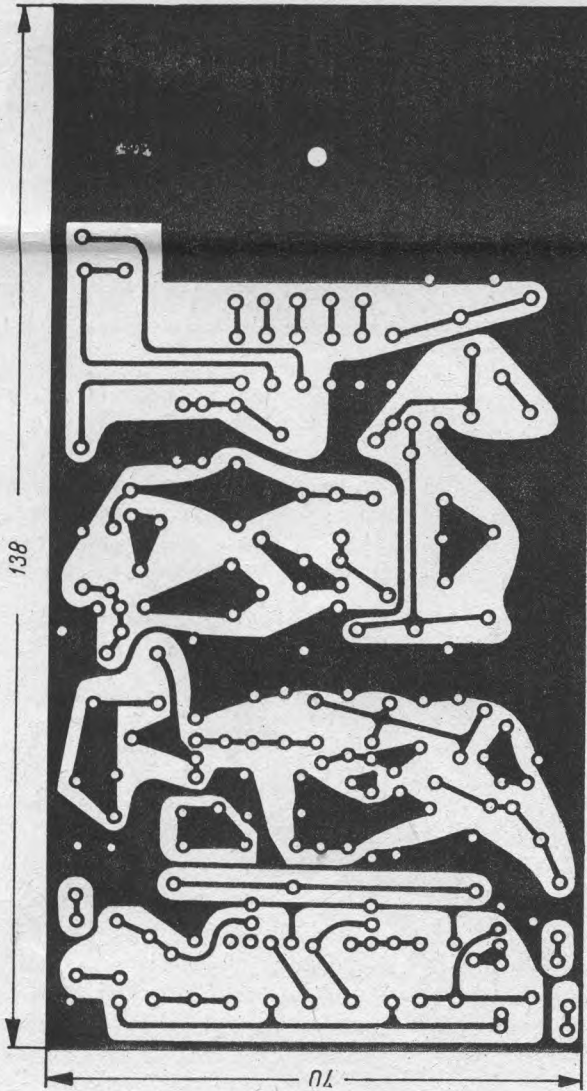
rdzenia w cewce L12 na środkową częstotliwość 465 kHz. Czynność tę można przeprowadzić po doprowadzeniu do wejścia układu US2 (wyprowadzenie 3) sygnału z generatora w.c.z. o częstotliwości 465 kHz i amplitudzie około 3 mV i pomiarze napięcia stałego na wyjściu US4 (wyprowadzenie 8) woltomierzem o dużej rezystancji wewnętrznej (np. V640). Przy prawidłowym zestrojeniu obwodu L12, C34 na 465 kHz



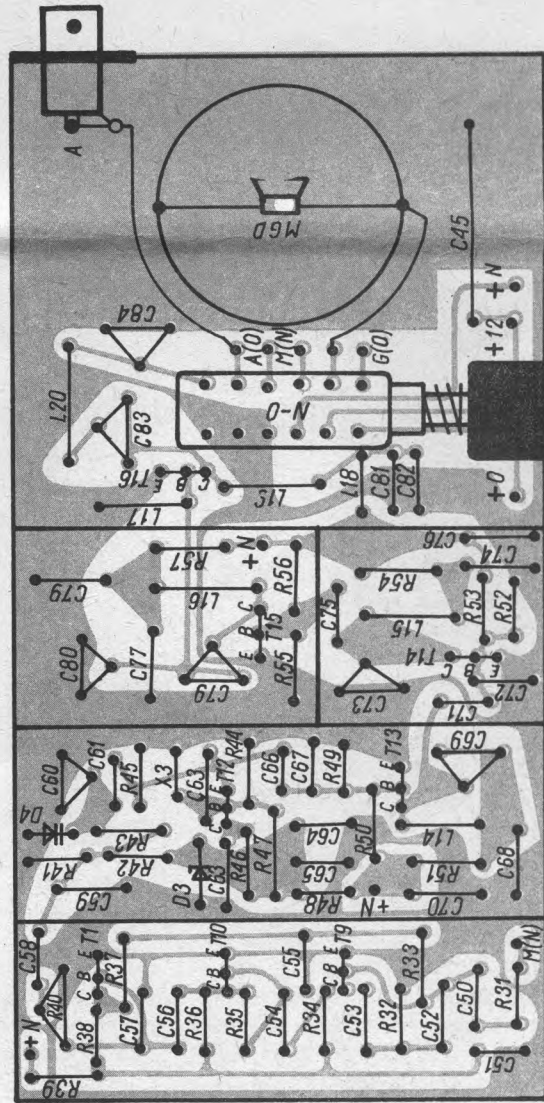
Rys. 7. Szkieł obwodowy radiotelefonu



Rys. 8. Charakterystyka napięcia wyjściowego detektora UL1242N w funkcji częstotliwości wejściowej



Rys. 5. Płytkę montażowa nadajnika



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płycie montażowej nadajnika

napięcie wyjściowe powinno być zbliżone do 6,5 V. Przy odstrojeniu generatora w górę lub w dół od poprzedniej częstotliwości, woltomierz powinien wskazywać spadek lub wzrost napięcia.

Przebieg charakterystyki napięcia wyjściowego w funkcji częstotliwości przedstawiono na rysunku 8. Zestrojenie odbiornika i nadajnika w opisany, najprostszy sposób, może nie zapewnić wymaganych parametrów urządzenia i dlatego w miarę możliwości należy poddać taki radiotelefon przebadaniu w specjalnym zestawie pomiarowym.

Dużą pomocą podczas strojenia i badania parametrów przedstawionego radiotelefonu może być zestaw pomiarowy np. ZPFM-3 (MERA). Z zestawu takiego lub podobnego można spróbować skorzystać w wyspecjalizowanych zakładach produkcyjnych lub naprawiających radiotelefony profesjonalne. Wspomniany typ zestawu umożliwi na zakresie 140 ÷ 180 MHz pomiar dewiacji, zniekształceń, szumów, mocy w.cz., mocy m.cz. i częstotliwości.

Dodatkowe, niezbędne wskazówki dotyczące uruchomienia i wszelkich pomiarów, są również podane w specjalnym rozdziale literatury [5].

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH ELEMENTÓW

Cewki

- L1 — 4 zwoje CuAg 0,7 mm, Ø 6 mm, l = 8 mm, odczep na 1,5 zwoju
 - L2 — jak L1. bez odczepu
 - L3 — 2 zw. drutu w izolacji igelitowej między zwojami L2
 - L4 — 18 zw. DNE 0,2 na korpusie filtra p.cz. 10,7 MHz (12 × 12)
 - L5 — 7 zw. DNE 0,2 nawinięte obok L4
 - L6 — 6 zw. CuAg 0,7 mm, Ø 6 mm, l = 9 mm
 - L7 — 9 zw. DNE 0,5, zwoj przy zwoju
 - L8, L10, L12 — 56 zw. DNE 0,1 na korpusie filtra p.cz. 465 kHz (12 × 12)
 - L9, L11 — 4 zw. DNE 0,1, nawinięte obok L8
 - L13 — dławik 18 mH (wykorzystano pierwotne uzwojenie miniaturowego transformatora głośnikowego)
 - L14 — 7 zw. CuAg 0,7 mm, Ø 6 mm, l = 9 mm
 - L15, L16, L19 — 4 zw. CuAg 1 mm, Ø 6 mm, l = 10 mm
 - L17 — 3 zw. DNE 0,3 na pręcie ferrytowym
 - L18 — 10 zw. DNE 0,2 na pręcie ferrytowym 0,35 × 10 mm
 - L20 — 5 zw. CuAg 1 mm, Ø 8 mm, l = 14 mm
- Inne
- MGD — mikrofonogłośnik typu MGD-3 50 Ω/0,2 W
 - B — akumulatory 5KB26/9 — 2 szt. połączone szeregowo lub baterie R6 — 8 szt.
 - F1 — filtr ceramiczny, monolityczny FCM 10,7
 - F2 — filtr piezoceramiczny FCD — 465-7-36

- A — antena — drut stalowy o długości około 1 m i średnicy 1,5 mm lub inna antena do pracy w pasmie 2 m

UWAGI

- Należy stosować elementy RC o jak najmniejszych wymiarach zewnętrznych.
- Dane techniczne uzwojeń mogą ulec zmianie podczas uruchomienia zwłaszcza przy zastosowaniu rezonatorów kwarcowych o innej częstotliwości pracy.
- Dużą pomoc przy doborze liczby zwojów i strojeniu może oddać GDO.
- Zamiast cewek L4, L5 można użyć fabrycznego filtra 1-24F1, a zamiast cewek L8, L9, L10, L11, L12 — filtry 3-23A4.

Na zakończenie należy podkreślić, że opisany radiotelefon może być eksploatowany jedynie w miejscu określonym w zezwoleniu na posiadanie i użytkowanie radiostacji amatorskiej. Każdorazowa zmiana QTH wymaga zgody Okręgowego Inspektora Państwowej Inspekcji Radiowej.

LITERATURA

- [1] Chojnacki W. SP5QU: Amatorska łączność radiotelefoniczna FM w pasmie 144 MHz. PZK, Warszawa 1983
- [2] „Radioamator i Krótkofalowiec” nr 4/1978
- [3] „Funkamateur” nr 4/1980
- [4] „Funkamateur” nr 7/1984
- [5] Wodzyński B.: Radiotelefony, WKŁ, Warszawa 1981