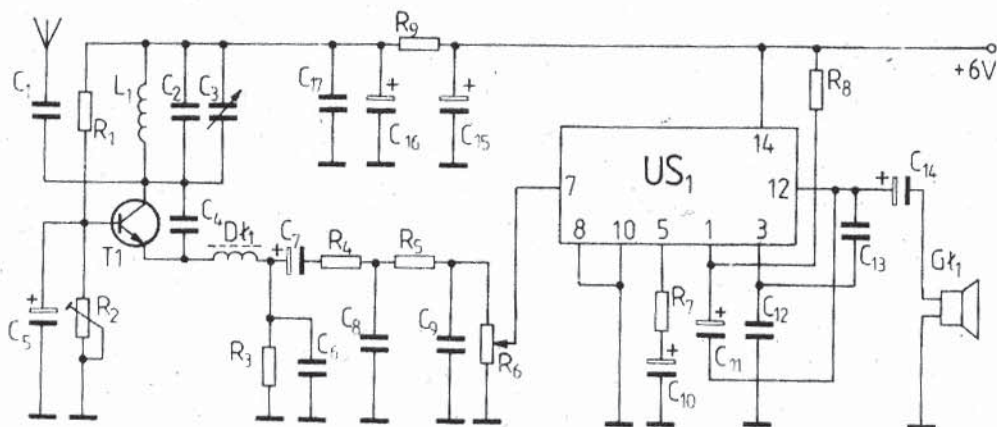


Sieć nadajników UKF pokrywa swym zasięgiem teren całego praktycznie kraju, a możliwości dobrego odbioru programów na falach ultrakrótkich są z reguły większe niż na falach długich i średnich. Nic dziwnego, że wielu początkujących radioamatorów pragnie zbudować miniaturowy odbiornik na pasmo UKF. W radioodbiornikach produkcji przemysłowej używany jest powszechnie układ tzw. superheterodyny. Zapewnia on wysoką czułość, selektywność i jakość odbioru, niestety, jest dość złożony, zaś jego uruchomienie i zestrojenie wymaga pewnego doświadczenia i dostępu do podstawowych przyrządów pomiarowych. Na szczęście możliwe jest zbudowanie prostego odbiornika UKF, o całkiem przyzwoitych parametrach, bez uciekania się do zasady przemiany częstotliwości, którą realizuje superheterodyna. Można zamiast niej użyć tzw. detektora superreakcyjnego. Właśnie tak działa układ przedstawiony na rys. 1.

Przemiana modulowanego częstotliwościowo sygnału w.cz. (wielkiej częstotliwości) na sygnał o częstotliwości akustycznej odbywa się w detektorze superreakcyjnym z tranzystorem T. Uzyskany sygnał m.cz. (małej częstotliwości) odprowadzany jest następnie do wejścia wzmacniacza z układem scalonym US. Zanim jednak zastanowimy się nad szczegółami konstrukcyjnymi odbiornika poświęćmy chwilę na rozpatrzenie zasady pracy detektora, stanowiącego „serce” układu. Warto!

Sygnał z anteny odbiorczej (rys. 2a) przez kondensator sprzęgający  $C_s$  doprowadzany jest do równoległego obwodu rezonansowego LC, dostrojonego do częstotliwości odbieranego sygnału. W obwodzie wzbudzone zostaną oscylacje o amplitudzie wprost proporcjonalnej do sygnału z anteny i do tzw. dobroci obwodu. Dobroć jest miarą „idealności” obwodu – im większe straty w cewce i kondensatorze, tym rozpraszanie energii drgań większe, a dobroć obwodu – mniejsza. Dołączenie do obwodu LC wzmacniacza lub detektora dodatkowo pogorszy dobroć – część energii drgań będzie przekazywana do dołączonego stopnia. A gdyby spróbować zrekompensować rozpraszaną energię? Dobroć obwodu wzrosłaby wtedy, a wraz z nią



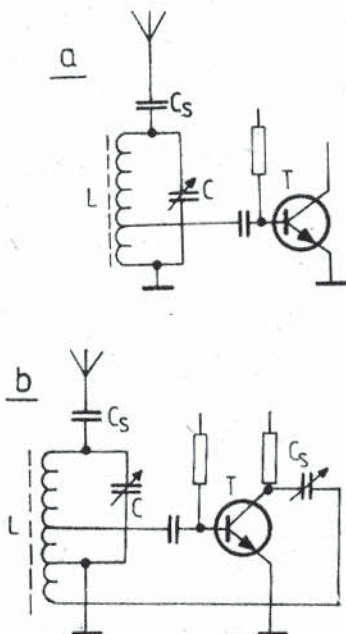
Rys. 1 Schemat ideowy radioodbiornika superreakcyjnego na zakres UKF.

selektywność i czułość (większa amplituda wzbudzonych drgań przy tym samym poziomie napięcia z anteny).

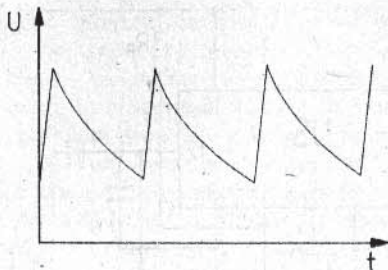
Na zasadzie kompensacji rozpraszanej energii pracuje tzw. układ reakcyjny z rys. 2b. Część wzmocnionego sygnału w.c.z. doprowadzana jest – przez dodatnie sprzężenie zwrotne – z powrotem do obwodu rezonansowego na wejściu. Poważną wadą układu reakcyjnego jest konieczność bardzo starannego doboru sprzężenia zwrotnego. Za małe sprzężenie nie daje dostatecznej poprawy dobroci obwodu, przy zbyt dużym układ staje się generatorem. Optymalne właściwości ma układ, w którym „zwracana” energia prawie całkowicie kompensuje straty. Wartość sprzężenia zależy od wielu czynników, m.in. od punktu pracy tranzystora, temperatury itp. Siłą rzeczy układ reakcyjny nie odznacza się dobrą stabilnością i jest bardzo wrażliwy na zmianę warunków pracy. Kłopotliwe jest też strojenie. W celu przestrojenia obwodu należy zmienić indukcyjność lub pojemność; powoduje to zmianę współczynnika sprzężenia zwrotnego. Tak samo oddziałuje sama zmiana częstotliwości. Po każdorazowym przestrojeniu stopnia reakcyjnego należałoby więc w zasadzie na nowo optymalizować współczynnik sprzężenia zwrotnego.

A gdyby tak udało się wyposażyć stopień reakcyjny w „umiejętność” automatycznego doboru sprzężenia, tak by zawsze pracował w obszarze największej czułości, tzn. na granicy samowzbudzenia? Właśnie tę właściwość ma układ superreakcyjny z rys. 1. Współczynnik sprzężenia zwrotnego, realizo-

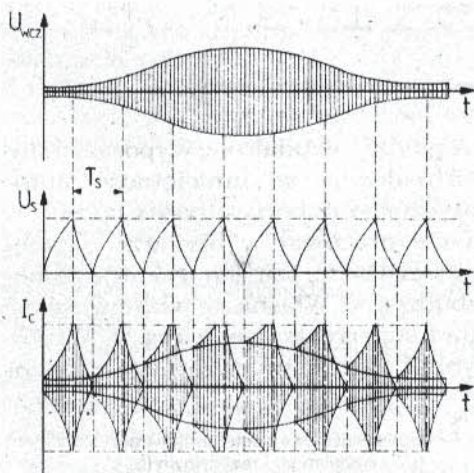
Rys. 2 Stopnie wejściowe z detektorami tranzystorowymi: zwykłym (a) i reakcyjnym (b)





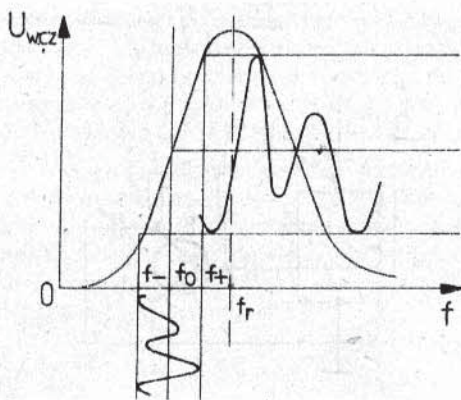


Rys. 3a Przebieg napięcia na kondensatorze  $C_6$



Rys. 3b Przebiegi napięcia w.c.z. pochodzącego z anteny, napięcia superreakcji oraz prądu kolektora tranzystora T w detektorze superreakcyjnym

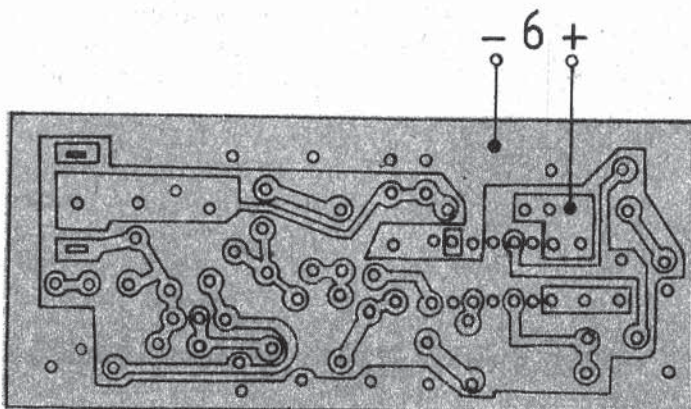
Rys. 4 Przemiana modulacji częstotliwości na modulację amplitudy z wykorzystaniem liniowego odcinka zboczka charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej obwodu wejściowego



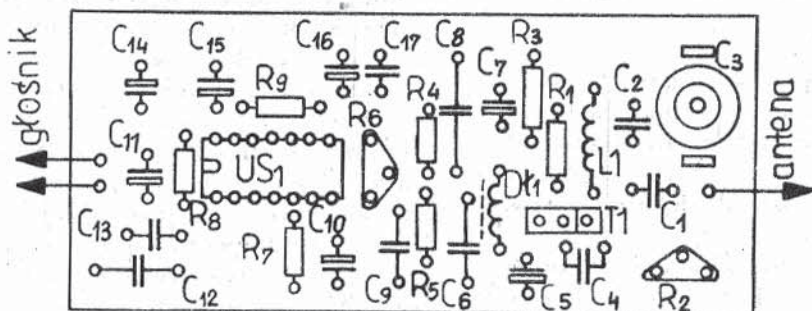
wanego przez kondensator  $C_4$ , ustawiony jest na stałe. Punkt pracy tranzystora T (a wraz z nim i wzmacnienie) oscyluje jednak rytmicznie wokół punktu najwyższej czułości. Początkowo wzmacnienie stopniowo wzrasta i w pewnym momencie osiąga poziom umożliwiający wzbudzenie drgań w obwodzie  $L, C_2 + C_3$ . Rozpoczęcie generacji powoduje ponowne przemieszczenie punktu pracy w kierunku mniejszego wzmacnienia. Wzbudzone przez dodatnie sprzężenie zwrotne drgania zanikają, a cały cykl się powtarza. Jak widać, detektor superreakcyjny staje się w pewnych momentach generatorem w.c.z. Powoduje to okresową emisję drgań w.c.z., które mogą być promieniowane przez sprzężoną z obwodem rezonansowym antenę. Moc emitowanych drgań jest bardzo mała, może jednak w odległości kilku metrów zakłócać pracę innych odbiorników UKF, zwłaszcza przy słabym sygnale z nadajnika.

Oscylacyjny charakter przemieszczeń punktu pracy, ograniczany zjawiskiem samowzbudzania, zapewnia bardzo stabilną pracę stopnia i uodparnia go na zmiany warunków pracy. Ułatwia to strojenie układu, predystynując go do prostych konstrukcji amatorskich.

Jak wytwarza się drgania superreakcyjne, periodycznie przesuwające punkt pracy detektora? Prąd emitera T płynie przez rezystor  $R_3$ , ładując równocześnie kondensator  $C_6$ . Potencjał emitera T staje się coraz bardziej dodatni, a prąd bazy maleje – tranzystor „zatyka” się. Wtedy rozpoczyna się rozładowanie  $C_3$  – napięcie emitera maleje, prąd emitera rośnie, aż do momentu wzbudzenia generacji w obwodzie. Przebieg napięcia superreakcji na emiterze T pokazuje rys. 3a. Częstotliwość drgań superreakcji określana jest przede wszystkim przez stałą czasową  $R_3C_6$ . Doprowadzony z anteny sygnał nadajnika synchronizuje wzbudzone oscylacje. Ponieważ amplituda sygnału w.c.z. zmienia się w takt



Rys. 5 Płytkę montażową odbiornika od strony druku



Rys. 6 Schemat rozmieszczenia elementów na płytce montażowej – widok od strony elementów

modulacji (rys. 3b) różna jest amplituda początkowa wzbudzanych drgań. Końcowa amplituda drgań jest stała – określa ją moment wejścia T w stan nasycenia. Średnia wartość prądu kolektora (i emitera) T jest więc funkcją początkowej amplitudy generacji i zmienia się w takt modulacji odbieranego sygnału (rys. 3b). Jak z tego widać, na wyjściu detektora superreakcyjnego pojawiają się równocześnie trzy rodzaje drgań: w.cz., superreakcji i m.cz. Aby łatwo oddzielić drgania superreakcji od zdemodulowanego sygnału m.cz., częstotliwość drgań superreakcji wybiera się na poziomie kilkudziesięciu kHz.

Drgania w.cz. odfiltrowywane są przez dławik D1 i kondensator C<sub>6</sub>.

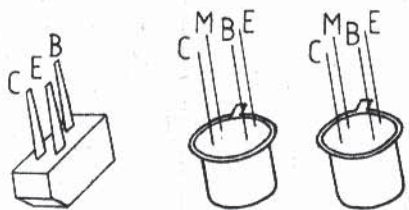
Przedstawione rozważania wskazują, że detektor superreakcyjny reaguje na modulację amplitudy (FM), trzeba modulację częstotliwości przetworzyć na modulację amplitudy (AM). Najprościej

osiągalne to jest drogą odstrojenia obwodu rezonansowego od częstotliwości nośnej odbieranego sygnału tak, by znalazła się ona mniej więcej na środku zbocza charakterystyki obwodu (rys. 4).

### Konstrukcja odbiornika

Odbiornik zmontowano na płytce drukowanej o wymiarach 90 × 38 mm. Na obwód drukowany najlepiej użyć laminatu tzw. papierowego, z uwagi na lepsze właściwości w zakresie w.cz. Nie jest to jednak wymóg krytyczny – z dobrym skutkiem można użyć i innego laminatu. Schemat połączeń drukowanych przedstawia rys. 5, a rozmieszczenie elementów na płytce – rys. 6. W charakterze kondensatora strojenieowego wykorzystano trymer powietrzny 3–25 pF; można też użyć podobnego trymera ceramicznego, trzeba wtedy jednak nieco zmienić konfigurację połączeń dru-





BF 194  
BF 196  
BF 197

BF 200  
BF 180  
BF 181

BF 214  
BF 215

Rys. 7 Konfiguracja wyprowadzeń tranzystorów przewidzianych do wykorzystania w odbiorniku. Wyprowadzenie ekranu (M) można odciąć, lub lepiej dołączyć do masy

kowanych. Gdy planujemy częste przestrojenie, lepiej użyć kondensatora strojeniowego od jakiegoś radioodbiornika. Wykorzystujemy wtedy tylko jedną z sekcji przeznaczonych do strojenia głowicy UKF.

**Uwaga!** Rotor powinien być dołączony do „górnjej” końcówki cewki L a stator – do kolektora T.

Potencjometr montażowy  $R_2$  służy do optymalizacji punktu pracy tranzystora. Potencjometr  $R_6$  umożliwi regulację głośności. W rozwiązaniu modelowym dla zmniejszenia wymiarów, zastosowano potencjometr montażowy. Lepszym wyjściem jest jednak użycie normalnego potencjometru o charakterystyce wykładniczej, najlepiej z wyłącznikiem, który można użyć do odłączania zasilania.

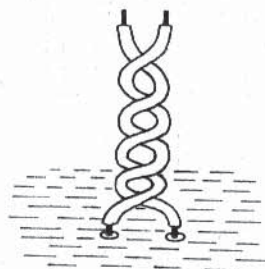
Typ zastosowanego tranzystora nie jest krytyczny – zamiast BF 194 można użyć innego krzemowego tranzystora małej mocy, wielkiej częstotliwości. W układzie z rys. 1 z powodzeniem wypróbowano tranzystory BF 196, BF 200, BF 214 (rys. 7).

Pojemność kondensatora sprzęgającego  $C_1$  powinna wynosić 0,5 do 1 pF – jego wartość najlepiej dobrać doświadczalnie. Ponieważ mogą być kłopoty z nabyciem takiego elementu, można spróbować wykonać go samodzielnie.

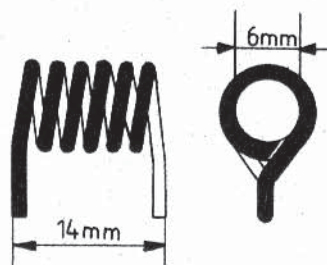
Będą nam potrzebne dwa odcinki cienkiego przewodu w izolacji z tworzywa sztucznego (w ostateczności – w emalii), długości około 2 cm. Włutowujemy je do otworków na płycie drukowanej w miejscu, gdzie miały być umieszczone końcówki  $C_1$ , i skręcamy (rys. 8). Dobierając stopień skręcenia i długość przewodów można łatwo zmieniać pojemność takiego, zaimprovizowanego trymera.

Cewkę obwodu rezonansowego L zrobimy z drutu w emalii o średnicy 0,6–0,8 mm. Lepsza byłaby srebrzanka o tej samej średnicy (mniejsze straty w wyniku naskórkowości). Cewkę nawijamy na szablonie-wałku o średnicy 5,5–6 mm. Cewka powinna mieć 6 zwojów – rys. 9.

Dławik  $D_1$  nawinięto na typowym, cylindrycznym rdzeniu ferrytowym  $\varnothing 4$  mm, długości 12 mm, stosowanym do strojenia obwodów pośredniej częstotliwości w odbiornikach TV. Po zdjęciu z rdzenia plastikowej, gwintowanej nakładki nawijamy nań, zwój przy zwoju, około 30 zwojów drutu nawojowego w emalii DNE  $\varnothing 0,1$ –0,2 mm. W przypadku braku rdzenia dławik można na-



Rys. 8 Zastępczy trymer o pojemności 0,5-1 pF



Rys. 9 Sposób nawinięcia cewki obwodu rezonansowego na zakres UKF



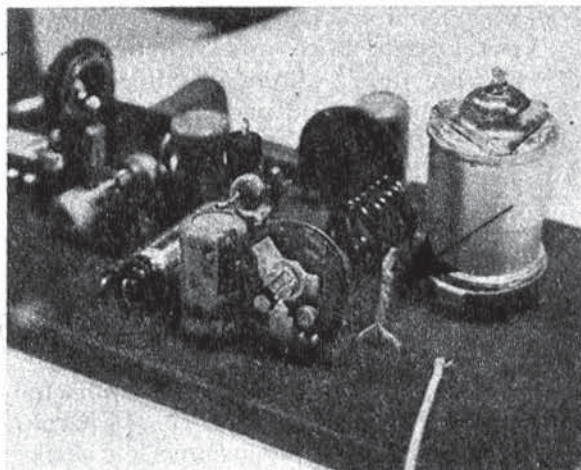
winać na rezystorze MŁT 0,5 o rezystancji 30 kiloomów, lub większej. Drutem DNE  $\varnothing$  0,1 mm należy nawinać wtedy około 60 zwojów. Końce drutu lutujemy bezpośrednio do wyprowadzeń rezystora.

Zamiast scalonego wzmacniacza mocy UL 1496 można użyć dowolnego ze wzmacniaczy serii UL 1490 – UL 1498, bez jakichkolwiek zmian w układzie. Należy jedynie pamiętać, że dla UL 1459 opór głośnika nie może być mniejszy od 15 omów, zaś dla UL 1493 i UL 1498 można użyć głośnika o oporze 4 omy. Z powodzeniem dają się zastosować też niepełnowartościowe wzmacniacze mocy, dostępne w sklepach CSH po obniżonych cenach, np. L 496 będący odpowiednikiem UL 1496.

Zamiast głośnika do wyjścia wzmacniacza może być dołączona para słuchawek, np. SN 50, lub słuchaweczka miniaturowa o dowolnym oporze. W takiej sytuacji jednak – wobec dużej czułości słuchawek – wzmocnienie wzmacniacza mocy może być za duże. Można to poznać po szumach, wyraźnie słyszalnych nawet przy potencjometrze regulacji siły głosu ustawionym na minimum. W tej sytuacji można zwiększyć rezystor  $R_7$  do wartości około 33 omów; opór tego rezystora określa wzmocnienie układu.

### Uruchomienie układu

Po wlutowaniu wszystkich elementów ustawiamy potencjometr  $R_2$  w położeniu odpowiadającym największej rezystancji (suwak skręcony do masy), zaś  $R_6$  ustawiamy w położeniu największej głośności (suwak skręcony do  $R_5$ ). Włączamy zasilanie. Z głośnika powinien dobiegać wyraźny, ale „miękki” szum superreakcji. Dołączamy prowizoryczną antenę w postaci odcinka przewodu długości około 50 cm, po czym kręcąc kondensatorem strojeniowym  $C_3$  staramy się odebrać jakąś stację. W momen-



Fragment płytki montażowej odbiornika od strony obwodu wejściowego, strzałka pokazuje kondensator sprężający  $C_1$ , skręcony z dwóch kawałków izolowanego drutu

cie dostrojenia do stacji szum znika. Teraz pokręcając potencjometrem  $R_2$  tak dobieramy warunki pracy detektora, aby uzyskać jak najgłośniejszy, a przy tym nie zniekształcony odbiór. Przy regulacji  $R_2$  zmieniają się, zależnie od punktu pracy, pojemności wewnętrzne tranzystora. Ponieważ stanowią one część wypadkowej pojemności obwodu rezonansowego, może zająć potrzeba dostrajania częstotliwości rezonansowej obwodu wejściowego. Po kilkakrotnej, kolejnej korekcji nastawienia elementów  $C_3$  i  $R_2$  układ należy uznać za zestrojony poprawnie, a  $R_2$  można zabezpieczyć przed przypadkową zmianą położenia za pomocą kropli kleju lub lakieru nitro. W przypadku użycia sprawdzonych podzespołów odbiornik nie nastęrcza przy uruchomieniu żadnych kłopotów. Układ zaprojektowano dla napięcia zasilania 6V, może on jednak pracować w zakresie napięć zasilających od 4,5 do 9 V. W przypadku użycia napięcia zasilającego wyższego niż 6 V, należy użyć kondensatorów elektrolitycznych na 10 V. Dotyczy to  $C_{14}$ ,  $C_{15}$ ,  $C_{16}$ .

Pobór prądu ze źródła zasilania bez obciążenia lub przy obciążeniu słu-

chawkami o oporze kilkuset omów nie przekracza kilku mA. Odbiornik zapewnia dobry odbiór w odległości do kilkunastu km od nadajnika. Przy sygnale o dostatecznym natężeniu pracuje zadowolająco bez anteny. Użycie anteny w postaci kilkunasto-kilkudziesięciocentymetrowego pręta metalowego lub nawet kawałka przewodu znacznie polepsza odbiór.

Po uzyskaniu poprawnego odbioru na zakresie UKF można pokusić się o przystosowanie odbiorniczka do odbioru fonii TV, np. na kanałach 6–12. W tym celu należy usunąć kondensator  $C_2$ , a cewkę L zastąpić inną cewką mającą dwa zwoje drutu DNE  $\varnothing 0,7-0,9$  mm. Kondensator  $C_4$  może zachować swą wartość, choć korzystniej zmienić go na 3 pF. Jako tranzystora lepiej użyć BF 200 lub BF 214. Na poprawny odbiór fonii można liczyć w miejscach, w których antena pokojowa zapewnia zadowalającą jakość odbioru wizji w odbiorniku TV.

**Roland Waclawek**

#### Spis elementów

Rezystory bez oznaczeń mają wartość wyrażoną w omach, k – oznacza kiloomy, moc wszystkich rezystorów dowolna, od 0,125 W:

$R_1$  – 10 k.

$R_2, R_4, R_5$  – 6,1 k.

$R_7$  – 10.

$R_8$  – 100.

$R_9$  – 820.

$R_3$  – Potencjometr montażowy 5 k.

$R_6$  – Potencjometr 50–100 k, o charakterystyce najlepiej wykładniczej (w układzie z rys. 1 zastosowano potencjometr montażowy 100 k).

Kondensatory bez podanego napięcia pracy mogą być na dowolne napięcie:

$C_1$  – 0,5 – 1 pF (patrz opis w tekście).

$C_2$  – 15 pF ceramiczny.

$C_4$  – 5,1 pF ceramiczny.

$C_5, C_7, C_{16}$  – 10  $\mu$ F/6,3 V elektrolityczny.

$C_6$  – 5,6 nF styrofleksowy.

$C_8$  – 22–33 nF styrofleksowy.

$C_9$  – 10 nF styrofleksowy.

$C_{10}, C_{11}$  – 100  $\mu$ F/6,3 V elektrolityczny.

$C_{12}$  – 680 pF.

$C_{13}$  – 120 pF.

$C_{14}, C_{15}$  – 470  $\mu$ F/6,3 V.

$C_{17}$  – 1–6,8 nF ceramiczny.

$C_3$  – Trymer powietrzny lub ceramiczny o zakresie zmian 3–25 pF, względnie inny kondensator zmienny o podobnych parametrach.

T – BF 194, BF 196, BF 197, BF 200, BF 214 lub inny, podobny.

US – UL 1496 lub L 496 (niepełnowartościowy odpowiednik), lub podobny.

DŁ, L – patrz opis w tekście.

GL – GD 10/16/4–8 omów, lub inny, najlepiej miniaturowy głośnik o oporze 8 omów, względnie słuchawka.