

# Lampowy odbiornik UKF



W EP12/2002 przedstawiliśmy opis odbiornika kryształowo-lampowego na zakres fal długich. W tym artykule opiszemy lampowy odbiornik UKF, bowiem większość stacji nadaje właśnie w tym zakresie częstotliwości.

**Rekomendacje:** odbiornik niewątpliwie zainteresuje zarówno elektroników

zajmujących się mikrokontrolerami i mikroelektroniką, jak i tych, którzy zajmują się głównie elektroniką „archaiczną“.

To jeden z tych projektów, które kochają robić prawdziwi hobbyści, a reszta świata nie wie po co to robią.

Przypomnijmy, a propos, słowa Messnera - największego alpinisty świata, który zapytany po co wspina się na szczyty odpowiedział: „bo góry są“.

Lampy też ciągle są i wabią swym urokiem.

Po co budować taki odbiornik - zapyta z pewnością niejeden Czytelnik. Przecież w każdym sklepie można kupić o wiele lepszy, bardziej funkcjonalny, z wbudowanymi dekodernami stereo i RDS, strojony cyfrowo.

To prawda. Jednak nie zamierzałem budować odbiornika, który dorównałby fabrycznemu. Chciałem raczej zaprezentować jakieś interesujące rozwiązanie z epoki lampowej.

## Na wstępie nieco teorii

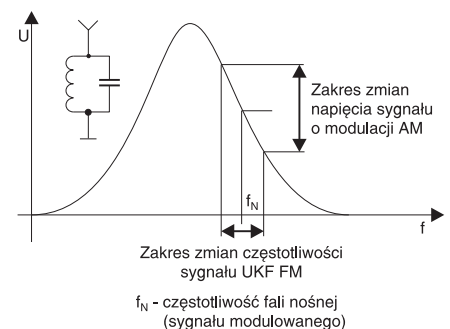
Spośród odbiorników ultrakrótkofalowych stosunkowo najłatwiej można wykonać odbiornik superreakcyjny o bezpośrednim wzmacnieniu. Superheterodynowy odznacza się bardzo dobrymi parametrami toru odbiorczego, ale jest trudniejszy w budowie i uruchomieniu, ponieważ trzeba zestroić kilka różnych obwodów rezonansowych, co bez falomierza-generatora jest w zasadzie niemożliwe. Układ superreakcyjny wyróżnia się natomiast prostotą budowy i można go zestroić „na słuch“. Jest to bardzo ważne dla początkujących konstruktorów. Mimo wielu wad odbiornika superreakcyjnego - o których napiszę dalej - właśnie ten układ wybrałem.

Jak działa taki odbiornik? Opiszę układ z tzw. samowygaszaniem. Jak wiadomo, modulacja częstotliwości (FM) polega na zmianie częstotliwości nośnej w takt sygnału modulującego. Jeśli sygnał FM podamy na równo-

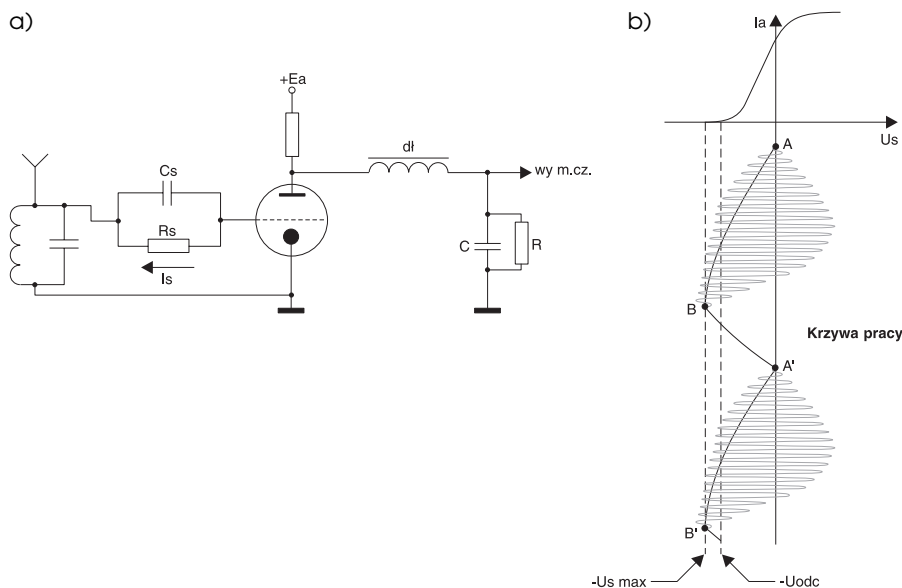
legły obwód LC (rys. 1), ale nastrojony tak, że częstotliwość nośnej wypadła na zboczu krzywej rezonansowej, to na zaciskach tego obwodu wystąpi sygnał zmodulowany amplitudowo (AM). W ten sposób zamienia się modulację FM w AM.

Ważne jest, aby zbocze krzywej rezonansowej było możliwie prostoliniowe (przy jednoczesnym dużym nachyleniu) w otoczeniu częstotliwości fali nośnej. Wymagania te są niestety ze sobą sprzeczne, dlatego układ wnosi znaczne zniekształcenia nieliniowe albo zakres zmian napięcia zmodulowanego AM jest niewielki.

Rozpatrzmy teraz uproszczony układ odbiornika superreakcyjnego przedstawionego na rys. 2. W obwodzie siatki znajduje się obwód rezonansowy oraz rezystor  $R_s$  i kondensator  $C_s$ . W momencie włączenia układu (punkt A na rys. 2b), po podaniu napięcia anodowego  $E_a$ , układ zachowuje się jak wzmacniacz wielkiej czę-



Rys. 1. Dostrojenie obwodu LC w dyskryminatorze częstotliwości



Rys. 2. Uproszczony schemat superreakcyjnego odbiornika (a) i ilustracja działania (b)

totliwości, który posiada skłonność do generowania drgań własnych. Aby zapoczątkować drgania, niezbędne są niewielkie wahania napięcia w obwodzie siatki. Zapewnia je napięcie AM z obwodu rezonansowego. Narastająca amplituda drgań (na wykresie oznaczona linią przerywaną) powoduje przepływ prądu siatkowego  $I_s$ , który powoduje spadek napięcia na oporniku  $R_s$ , wytwarzając na nim ujemne napięcie (względem katody)  $U_s = R_s \cdot I_s$ . Napięcie to pojawia się także na kondensatorze  $C_s$ . W pewnym momencie siatka lampy osiąga ujemny potencjał równy napięciu odcięcia  $-U_{odc}$ . Jest to napięcie siatki, przy którym prąd anodowy przestaje płynąć. Widać to na rys. 2b, na którym narysowano także przebieg charakterystyki  $I_a = f(U_s)$  - wartości prądu anodowego w funkcji napięcia siatki. W momencie osiągnięcia potencjału  $-U_{odc}$  drgania zostają zerwane. W tym momencie osiągnięty zostaje punkt B na krzywej punktu pracy. Na odcinku B-A' następuje rozładowanie kondensatora  $C_s$  aż do osiągnięcia napięcia siatki równego zero. Wtedy znów możliwe jest powstanie drgań.

Są to tzw. liniowe warunki pracy. Na rys. 3 pokazano przykładowy kształt wejściowego napięcia AM oraz odpowiadające mu napięcie na siatce, anodzie i rezystorze R przy liniowej pracy układu. Przebiegi te są oczywiście idealizowane.

Na anodzie lampy występuje wzmocniony sygnał z siatki, z jednoczesnym odwróceniem fazy i obcięciem „dolnych“ połówek sygnału z siatki (detekcja anodowa), wskutek nieliniowości charakterystyki  $I_a = f(U_s)$ . Dławik  $dL$  eliminuje składową nośną sygnału, zaś kondensator C uśrednia impulsy napięciowe występujące na anodzie, odtwarzając tym samym kształt sygnału modulującego - czyli użytecznego sygnału małej częstotliwości. Wynika stąd, że aby wiernie odwzorować przebieg napięcia małej częstotliwości, powinno się nań składać możliwie dużo impulsów. Ich liczba w jednostce czasu jest zależna od częstotliwości przebiegu A-B-A', zwanej częstotliwością wygaszania. Jak wiadomo, człowiek słyszy sygnały akustyczne o częstotliwości do około 20 kHz. Aby dość wiernie odtworzyć sygnał o tej częstotliwości, potrzeba 20...40 impulsów napięciowych na anodzie w czasie trwania 1 okresu sygnału o częstotliwości 20 kHz. Zatem częstotliwość wygaszania winna wynieść około 400 kHz. I tutaj pojawia się trudność. Otóż zmniejsza wtedy selektywność układu. Bardzo dobrą selektywność uzyskuje się przy częstotliwości wygaszania wynoszącej ok. 20 kHz, ale wtedy odbiornik będzie wytwarzać gwizd i sygnał m.cz. będzie bardzo marnej jakości. Są to kolejne dwa sprzeczne ze sobą warunki pracy detektora superreak-

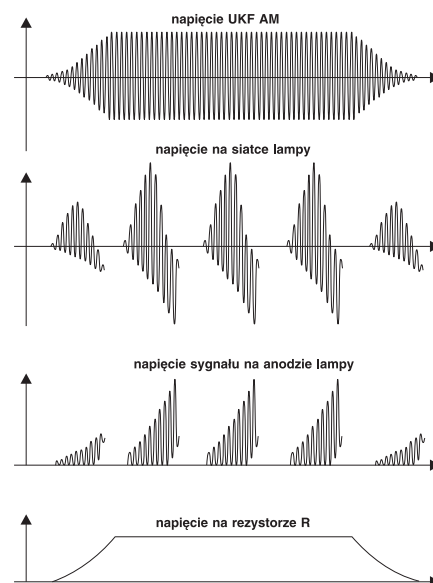
cyjnego. Poważną wadą tego odbiornika jest promieniowanie podczas pracy sygnału UKF, przez co staje się on swego rodzaju nadajnikiem, mogącym niekiedy zakłócać odbiór pracujących w pobliżu innych odbiorników.

Na koniec należy zaznaczyć, że odbiorniki superreakcyjne uzyskały w latach 50. i 60. ubiegłego stulecia dużą popularność, gdyż tylko odbiorniki wysokiej klasy były wyposażone w głowicę UKF. Budowano więc jednolampowe przystawki dołączane do gniazd adapterowych odbiornika, wykorzystując tylko jego wzmacniacz małej częstotliwości.

### Opis układu

Schemat elektryczny układu przedstawiono na rys. 4. Stopień superreakcyjny pracuje z połówką lampy V1 (druga połówka jest niewykorzystana). Różni się on od poprzednio opisanego układu włączeniem obwodu rezonansowego  $L_2, C_1$  między siatkę a anodę. Ażeby ograniczyć szkodliwe promieniowanie odbiornika, antena jest transformatorowo sprzężona z obwodem rezonansowym.

Częstotliwość wygaszania można ustalić, dobierając pojemność  $C_2$ , co ma wpływ na czas trwania generacji drgań (odcinek A-B). Przez dobór wartości oporności  $R_1$  można ustalić czas przerwy - odcinek B-A'. Dobroć obwodu rezonansowego powinna być możli-



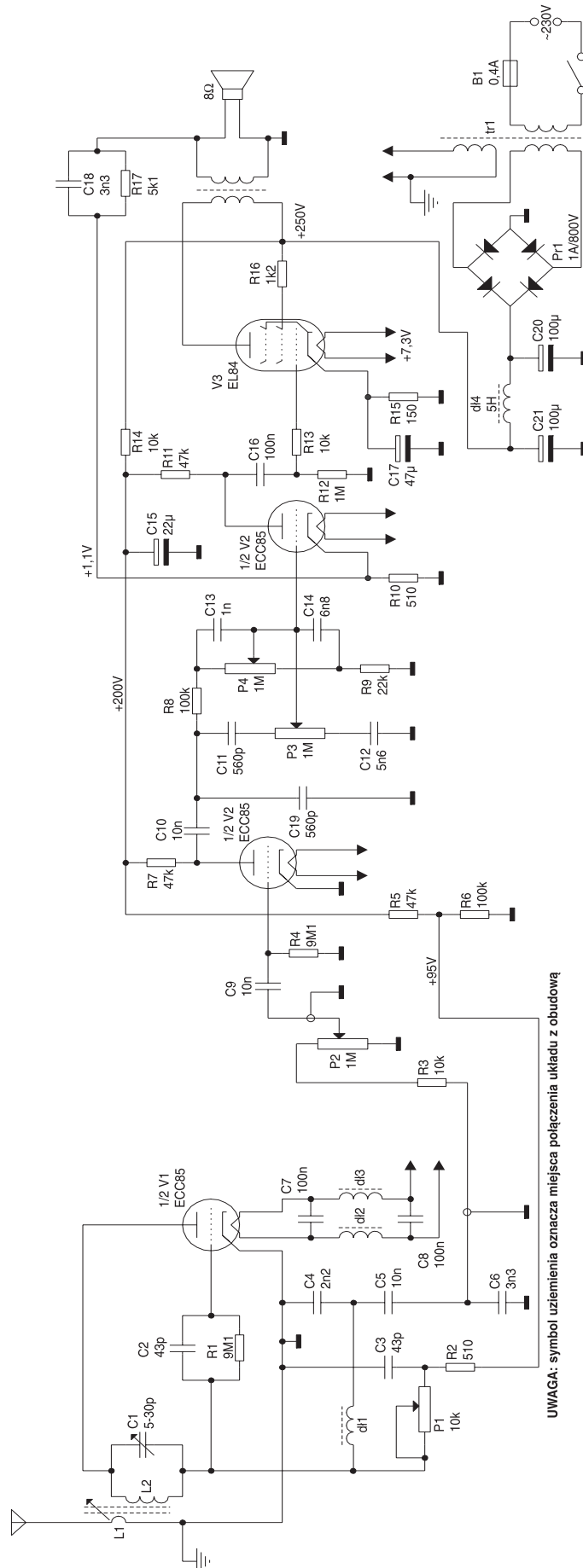
Rys. 3. Uprozczone przebiegi ilustrujące pracę detektora AM

wie duża, przy czym stosunek indukcyjności do pojemności powinien być duży. Dlatego cewka  $L_2$  o średnicy 20 mm ma 4,5 zwoju drutu srebrzonego  $\phi = 1$  mm. Odstęp między zwojami 6...7 mm. Cewka antenowa  $L_1$  to 5/4 zwoju tego samego drutu. Odległość między cewkami wynosi około 7 mm. Przewidziałem możliwość niewielkiej zmiany indukcyjności cewek poprzez wkręcanie niewielkiego kawałka rdzenia ferrytowego w celu dokładnego dostrojenia. Trymer  $C_1$  umożliwia zgrubne dostrojenie do żądanej stacji. Zamiast trymera można zastosować kondensator o zmiennej pojemności, przez co radio będzie można dowolnie przestrajać.

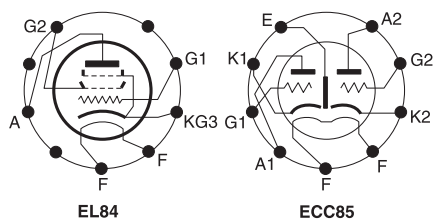
Z powodu braku takiego kondensatora układ modelowy jest dostrojony tylko do jednej stacji - Radia Zet (w Warszawie 107,5 MHz). Kondensator  $C_3$  zwiera do masy sygnały wielkiej częstotliwości, nie dopuszczając ich do dalszych obwodów odbiornika. Dławik  $d_1$  powinien mieć 60 zwojów drutu miedzianego  $\phi = 0,2$  mm na rdzeniu ferrytowym o średnicy 2 mm. Małe wymiary dławika są o tyle korzystne, że jego pojemność rozproszona jest niewielka. Na kondensatorze  $C_4$  odkłada się odfiltrowane napięcie małej częstotliwości. Sygnał m.cz. przechodzi przez kondensator  $C_5$ , na kondensatorze  $C_6$  następuje dodatkowe jego odfiltrowanie i przez rezystor  $R_3$  zostaje podany na potencjometr siły głosu  $P_2$ . Dzielnik  $R_5$  i  $R_6$  ustala napięcie zasilające detektor na około 95 V. Potencjometr  $P_1$  umożliwia dokładną regulację maksymalnej wartości prądu anodowego detektora, przez co można zmieniać jego punkt pracy.

Ponieważ detektor silnie promieniuje, dlatego niezbędne staje się połączenie wewnętrznego ekranu lampy z masą, zakrycie lampy ekranem i odsprężnienie przewodów żarzenia filtrem  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ . Dławiki  $d_2$  i  $d_3$  powinny mieć około 30 zwojów drutu miedzianego  $\phi = 0,2$  mm na rdzeniu ferrytowym o średnicy 2 mm.

Napięcie m.cz. na potencjometrze  $P_2$  osiąga wartość z przedziału 50...100 mV, przy sygnale wejściowym 5...10  $\mu$ V. Odpowiada to wzmocnieniu napięciowemu de-



Rys. 4. Schemat elektryczny odbiornika



Rys. 5. Wyprowadzenia lamp zastosowanych w odbiorniku

tektora około 20000 V/V. Sygnał m.cz. przez kondensator  $C_9$  jest podawany na siatkę pierwszej połówki lampy  $V_2$ , która stanowi pierwszy stopień wzmacniacza m.cz. ( $K_u$  30 V/V). Niewielkie ujemne napięcie siatki sterującej (około -0,5 V) uzyskuje się dzięki dużej wartości opornika siatkowego  $R_4$ . Wzmocniony sygnał m.cz., występujący na anodzie lampy, jest podawany przez kondensator  $C_{10}$  na regulator barwy dźwięku, złożony z elementów  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ,  $C_{14}$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $R_8$ ,  $R_9$ . Potencjometr  $P_3$  umożliwia regulację zawartości tonów wysokich, a  $P_4$  niskich. Ten potencjometr i rezystor  $R_9$  stanowią oporność siatkową drugiego stopnia wzmacniacza napięciowego m.cz. ( $K_u = 30$  V/V), zrealizowanego na drugiej połowie lampy  $V_2$ . Regulator barwy dźwięku wprowadza pewien spadek wzmocnienia ( $K_u = 0,1$  V/V). Kondensator  $C_{19}$  zapobiega wzbudzeniu się wzmacniacza napięciowego. W katodzie lampy drugiego stopnia wzmacniacza napięciowego włączony jest rezystor  $R_{10}$  (ustala wstępne napięcie siatki na -1,1 V i wprowadza prądowe ujemne sprzężenie zwrotne). Do katody tej lampy doprowadzony jest także sygnał ujemnego sprzężenia zwrotnego ( $C_{18}$ ,  $R_{17}$ ) w pętli obejmującej drugą połówkę lampy  $V_2$ , lampę  $V_3$  i transformator głośnikowy  $Tr1$ . Dzięki temu wzmacniacz m.cz. pracuje z małymi zniekształceniami. Poprzez zmianę wartości elementów  $C_{18}$ ,  $R_{17}$  można zmieniać brzmienie wzmacniacza. Kondensator  $C_{16}$  doprowadza wzmocniony we wzmacniaczu m.cz. sygnał do pentody mocy  $V_3$ , pracującej w klasie A. Dla jej pełnegoysterowania potrzebny jest sygnał o amplitudzie 4,3 V, co jest zapewnione przez wypadkowe wzmocnienie wzmacniacza napięciowego ( $K_u = 60$  V/V), po uwzględnieniu działania sprzęże-

nia zwrotnego. Lampa  $V_3$  ma tendencje do wzbudzenia się, dlatego w obwód siatki sterującej włączyć należy opornik przeciwparazytyczny  $R_{13}$ .  $R_{12}$  jest rezystorem siatkowym lampy  $V_3$ . W obwodzie katody lampy  $V_3$  znajdują się elementy  $R_{15}$ ,  $C_{17}$ .  $R_{15}$  ustala ujemne napięcie siatki na -7,3 V. Kondensator  $C_{17}$  likwiduje prądowe ujemne sprzężenie zwrotne dla sygnału akustycznego. Rezystor  $R_{16}$  ustala wartość napięcia siatki osłonowej (ekranującej) lampy  $V_3$ . Transformator głośnikowy  $Tr1$  powinien mieć 2600 zwojów drutu miedzianego  $\phi = 0,12$  mm na uzwojeniu pierwotnym i 101 zwojów  $\phi = 1$  mm na uzwojeniu wtórnym, przy przekroju środkowej kolumny 10 cm<sup>2</sup>. Transformator ten powinien mieć szczelinę 0,15 mm.

Rezystor  $R_{14}$  obniża napięcie zasilania lampy  $V_2$  do około 200 V, a  $C_{15}$  filtruje to napięcie. Układ jest zasilany z transformatora sieciowego  $Tr2$ , dostarczającego napięcie żarzenia 6,3 VAC przy prądzie 2 A, napięcie anodowe 200 VAC przy prądzie 100 mA (podaję ze znacznym zapasem). Mostek prostowniczy  $Pr1$  prostuje napięcie anodowe, filtr  $\Pi$  ( $C_{20}$ ,  $C_{21}$ ,  $d\lambda_4$ ) „wygładza” tętniące napięcie wyprostowane. Dławik  $d\lambda_4$  powinien mieć indukcyjność przynajmniej 2 H.

### Wskazówki dotyczące montażu

W zasadzie należy wykluczyć wykonanie układu na płytce drukowanej dlatego, że detektor superreakcyjny musi być dobrze ekranowany, a jego wewnętrzne połączenia możliwie krótkie. Powinna istnieć także możliwość modyfikacji tych połączeń. Dlatego układ został zmontowany na podstawie z blachy ocynkowanej o wymiarach 45 x 20 x 6 cm. Ponieważ w układzie występują wysokie napięcia, należy zachować daleko idącą ostrożność i staranność przy montażu.

Oprócz zaznaczonych na schemacie przewodów ekranowanych, ekranowane powinny być także przewody prowadzące do regulatora barwy dźwięku i siatek lamp wzmacniacza m.cz. Transformator sieciowy musi być zaekranowany i oddalony od detektora, gdyż oka-

zało się, że jest on wrażliwy na pola magnetyczne. Dobrze się do tego nadaje obudowa zasilacza komputera.

Jeśli chodzi o pozostałe elementy, najlepiej stosować - gdzie to możliwe - oporniki o tolerancji 1% i kondensatory dobrej jakości.

Jako detektor i wzmacniacz napięciowy m.cz. pracują lampy ECC85. W końcówce mocy pracuje lampa EL84 (są one nadal produkowane). W detektorze można zastosować obecnie wytwarzaną lampę ECC81, która elektrycznie

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

- P1: 10 k $\Omega$  potencjometr liniowy
- P2: 1 M $\Omega$  potencjometr logarytmiczny
- P3, P4: 1M $\Omega$  potencjometr liniowy
- R1, R4: 9,1 M $\Omega$ /0,25W
- R2, R10: 510 $\Omega$ /0,6W
- R3, R13, R14: 10 k $\Omega$ /0,6W
- R5, R7, R11: 47 k $\Omega$ /0,6W
- R6, R8: 100 k $\Omega$ /0,6W
- R9: 22 k $\Omega$ /0,6W
- R12: 1 M $\Omega$ /0,6W
- R15: 150 $\Omega$ /5W
- R16: 1,2 k $\Omega$ /2W
- R17: 5,1 k $\Omega$ /0,6W

#### Kondensatory

- C1: trymer 5-30 pF
- C2, C3: 43 pF/250V ceramiczny
- C4: 2,2 nF/250V ceramiczny
- C5, C9, C10: 10 nF/400V
- C6: 3,3 nF/250V ceramiczny
- C7, C8: 100 nF/250V ceramiczny
- C11, C19: 560 pF/250V
- C12: 5,6 nF/400V
- C13: 1 nF/400V
- C14: 6,8 nF/400V
- C15: 22  $\mu$ F/400V
- C16: 100 nF/400V
- C17: 47  $\mu$ F/25V
- C18: 3,3 nF/400V
- C20, C21: 100  $\mu$ F/400V

#### Półprzewodniki

- Pr1: mostek prostowniczy 1A/800V

#### Różne

- V1, V2: lampy ECC85
- V3: lampa EL84
- Podstawka z ekranem
- 2 podstawki bez ekranu
- 1 włącznik dwupozycyjny
- B1: bezpiecznik 400 mA
- Gniazdo antenowe (może być BNC)
- Transformatory, cewki, dławiki według opisu

różni się stosunkowo niewiele od ECC85 (obie przystosowane do pracy w układach UKF). We wzmacniaczu napięciowym może pracować ECC82, ECC83 lub ECC88 - po zmianie wartości niektórych elementów. Karty katalogowe wszystkich wymienionych lamp publikujemy na płycie CD-EP5/2003B. Dodatkowo zamieszczamy prosty program do obliczenia elementów stopnia końcowego m.cz. Czynimy to z myślą o tych Czytelnikach, którzy zechcą zastosować inną lampę mocy niż EL84.

Na **rys. 5** przedstawiono rozmieszczenie wyprowadzeń lamp EL84 i ECC85.

### Uruchomienie

Przystępując do uruchomienia układu, należy przede wszystkim uzbroić się w cierpliwość. Nie wkładamy na razie lampy detektora  $V_1$  w podstawkę. Włączamy odbiornik. Po nagraniu lamp  $V_2$  i  $V_3$  nie powinny występować żad-

ne piski czy zgrzyty z głośnika. Jeśli występują (dodatknie sprzężenie zwrotne) - należy zamienić miejscami końcówki masy i pętli sprzężenia zwrotnego  $C_{18}$ ,  $R_{17}$  przy transformatorze głośnikowym.

Kręcąc potencjometrami  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  sprawdzamy, czy nie występują żadne sprzężenia. Jeśli występują, to winę za to ponosi złe ekranowanie doprowadzeń siatek lamp lub nieodpowiednia pojemność  $C_{19}$ .

Jeśli wszystko jest w porządku, to można odlutować rezystor  $R_3$  i między masę a potencjometr  $P_2$  przyłożyć dowolny sygnał m.cz. Powinien on być słyszalny w głośniku. Następnie przylutowujemy z powrotem  $R_3$  i uruchamiamy układ z wetkniętą lampą  $V_1$  oraz przyłączoną anteną (może być to kawałek drutu lub antena teleskopowa). Potencjometr  $P_2$  ustawiamy w środkowym położeniu. Potencjometr  $P_1$  ustawia się w takim położeniu, przy którym słychać szum z głośnika. Jeśli szum nie wystę-

puje, należy dobrać w pierwszym rzędzie inną wartość  $P_1$ , potem wartość  $R_5$ ,  $d_{L1}$ , wreszcie  $R_1$ ,  $C_2$ . Następnie zmieniając pojemność  $C_1$ , próbujemy „złapać“ jakąś stację. Jeśli się to nie udaje, należy nieco ścisnąć lub rozszerzyć zwoje cewki  $L_2$ . Sygnał najprawdopodobniej będzie zakłócony charczeniem i szumami, spowodowanymi pracą nieliniową detektora. Aby wyeliminować ten problem, zmieniamy położenie  $P_1$ . Jeśli nie da to całkowitej poprawy, powinno pomóc dostrojenie obwodu poprzez pokręcenie rdzeniem cewek  $L_1$  i  $L_2$ . Jeśli szum nie zniknie, winę za to może ponosić słabe sprzężenie cewek  $L_1$  i  $L_2$  (zbliżyć je do siebie) lub małe natężenie pola w miejscu odbioru (zmienić ustawienie anteny).

Poza tym może wystąpić zakłócenie sygnału przydźwiękiem. Pomocze wtedy zmiana ustawienia anteny.

**Aleksander Zawada**  
aleksander\_zawada@poczta.onet.pl