

# Lampowy, stereofoniczny tuner FM, część 1



*Jeszcze w marcu 2003 roku uważałem, że wykonanie dobrego lampowego, superheterodynowego odbiornika UKF jest nierealne, czego wyraz dałem w EP 5/2003 przekonując, że jedynie budowa prostego układu superreakcyjnego o nienadzwyczajnych parametrach ma sens. Jednakże listy od Czytelników z zapytaniami o budowę lampowego odbiornika z dekodery stereo, zmobilizowały mnie do opracowania prezentowanego układu, znacznie lepszego niż opisany w EP 5/2003.*

## **Rekomendacje:**

*tuner polecamy nie tylko fanom urządzeń lampowych. Tę oryginalną konstrukcję pragniemy przybliżyć także wszystkim „uprawiającym“ współczesną, czyli ultraminiaturową i energooszczędną elektronikę.*

W początkowym okresie rozwoju radiofonii UKF w Polsce nadajniki pracowały w zakresie 88...100 MHz, a więc w zakresie tzw. górnego UKF-u. Na przykład w 1952 roku uruchomiono w Warszawie nadajnik pracujący na częstotliwości 97,6 MHz. Początkowo rodzimy przemysł produkował odbiorniki przystosowane do odbioru w zakresie górnego pasma. Jednakże w 1959 roku przydzielono państwowemu socjalistycznemu zakres 66...73 MHz dla radiofonii UKF. Dlatego większość unitrowskich odbiorników dostępnych jeszcze w Polsce jest wyposażona w głowice na dolny zakres UKF.

## **Głowica**

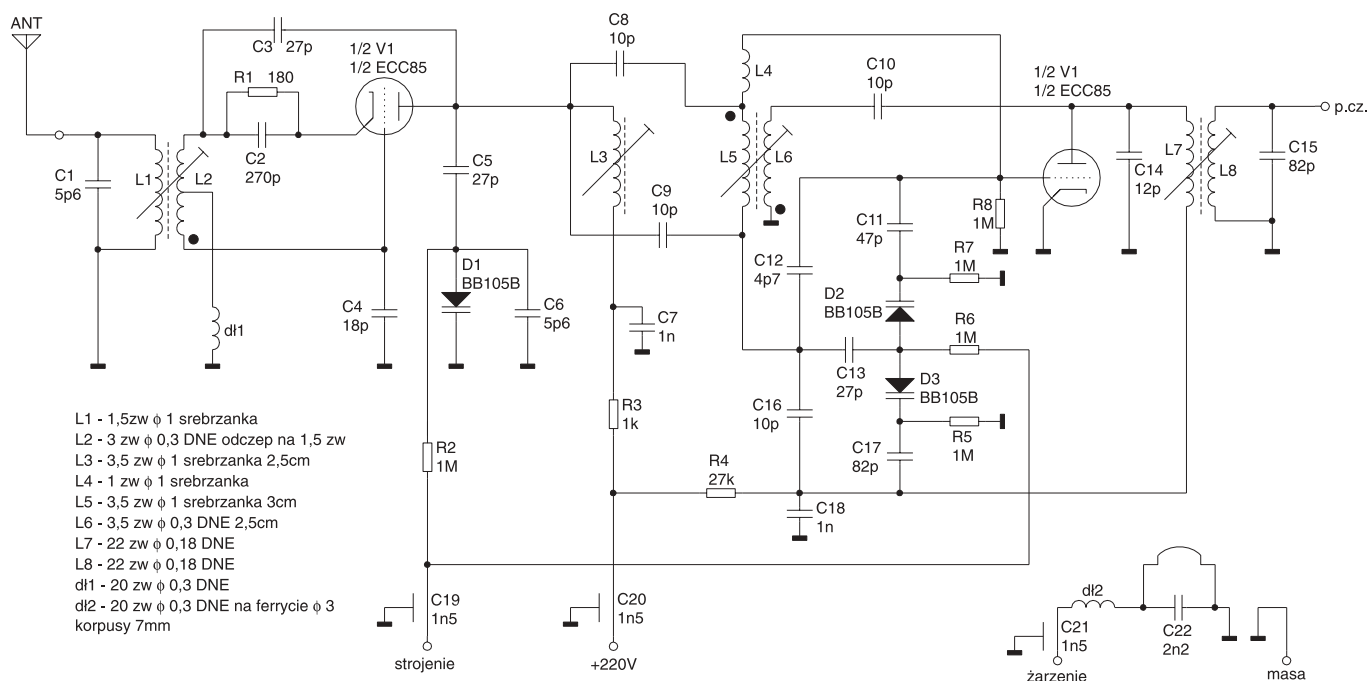
Trudność naszego zadania polega na tym, że raczej nie będziemy mogli posłużyć się gotową lampową głowicą - będziemy musieli wykonać ją samodzielnie. Był to główny powód, dla którego nie podjąłem się od razu budowy odbiornika superheterodynowego. Istnieje także możliwość przestrojenia starej głowicy lampowej na górny zakres. Będzie jeszcze o tym mowa na końcu artykułu. Szczęśliwi posiadacze starej polskiej głowicy lampowej D-4798-022-1 (na górny UKF) albo jakiejś zachodniej mają ułatwione zadanie. Nie

mogą jednak zastosować wtedy skali elektronowej strojenia napięcia i ARCz, gdyż strojenie może odbywać się mechanicznie a nie elektronicznie.

Głowica jest podzespołem zawierającym wzmacniacz wejściowy, generator lokalny (heterodynę), mieszacz i pierwszy filtr częstotliwości pośredniej. Ponieważ głowica jest wrażliwa na zakłócenia i zawiera generator lokalny, to jest montowana w metalowym pudełku, aby niepożądane promieniowanie do anteny ograniczyć do minimum.

Do głowicy doprowadzono z anteny sygnał wysokiej częstotliwości emitowany przez stację radiową, zaś wyprowadzany jest sygnał o częstotliwości pośredniej 10,7 MHz. Powstaje on wskutek mieszania częstotliwości odbieranej stacji i częstotliwości wytwarzanej w heterodynie (jeśli odbieramy stację emitującą na częstotliwości np. 105,6 MHz, to heterodyna pracuje na częstotliwości o 10,7 MHz większej, czyli 116,3 MHz).

Oznacza to, że podczas przestrojenia głowicy są przestrajane dwa obwody rezonansowe. Pierw-



Rys. 1. Schemat elektryczny głowicy

szy w obwodzie wejściowego wzmacniacza, a drugi w obwodzie generatora lokalnego. Fabryczne głowice lampowe były zazwyczaj przestrojane poprzez zmianę indukcyjności. Konieczna była współbieżność strojenia dwóch cewek, co wymagało dość skomplikowanego mechanicznie napędu skali.

Zazwyczaj stosowano antenowe wejście symetryczne (300  $\Omega$ ). To rozwiązanie obecnie nie jest stosowane, a w powszechnym użyciu są anteny z doprowadzeniem koncentrycznym 75  $\Omega$ . Dlatego zdecydowałem, że budowana przeze mnie głowica nie będzie wierną kopią głowicy D-4798-022-1.

Strojenie głowicy mojej konstrukcji odbywa się za pomocą warikapów, a wejście antenowe jest niesymetryczne. Dzięki zastosowaniu warikapów układ strojenia jest prosty, można zastosować system ARCz (automatyczną regulację częstotliwości) i elektronową skalę odbiornika. Dzięki zastosowaniu asymetrycznego wejścia antenowego można dołączać zwykłą antenę prętową. Schemat elektryczny głowicy pokazano na rys. 1.

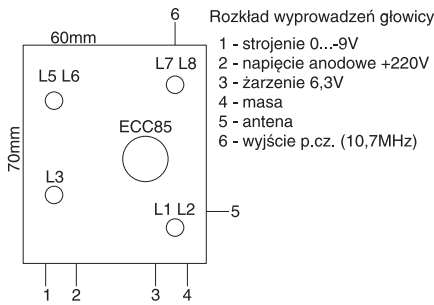
W głowicy nie można stosować dowolnych triod. Lampa taka powinna mieć duży stosunek oporności wejściowej do oporności zastępczej szumów i duży stosunek nachylenia charakterystyki do pojemności. Dobrze będą pracowa-

ły w głowicy lampy: ECC84, ECC85, ECC81 i ECC88. W odbiornikach fabrycznych stosowano początkowo nieco gorszą ECC81, następnie ECC85. Lampa ECC81 ma większą pojemność pomiędzy anodami obu triod niż ECC85, co powoduje silniejsze promieniowanie drgań heterodyny do anteny. Lampa ECC85 nie jest co prawda już produkowana, ale jest jeszcze łatwo dostępna.

Pierwsza część lampy V1 pracuje w układzie wzmacniacza ze wspólną siatką. Taki układ wzmacniacza odznacza się małą opornością zastępczą szumów i małą impedancją wejściową, która jest równa w przybliżeniu odwrotności nachylenia charakterystyki. Dla lampy ECC85 oporność wejściowa wyniesie więc  $1/(0,006 [A/V])=166 \Omega$ , zaś oporność zastępcza szumów takiego wzmacniacza jest trzykrotnie większa od oporności wejściowej, czyli wynosi około 500  $\Omega$ . Impedancja anteny wynosi zazwyczaj 75  $\Omega$ , dlatego należy użyć transformatora złożonego z indukcyjności L1 i L2, który dopasuje impedancję anteny do impedancji lampy.

Warunek na przekładnię, wynikający z dopasowania energetycznego, stoi zazwyczaj w sprzeczności z warunkiem małego poziomu szumów. Należy zauważyć, że obwód wejściowy ma małą selek-

tywność, wskutek dużego tłumienia przez małą oporność wejściową lampy. Oznacza to, że wzmacniacz wejściowy jest wzmacniaczem szerokopasmowym. Jest to bardzo istotne, bowiem ułatwi nam zestrojenie głowicy. W obwodzie anodowym pierwszej lampy znajduje się obwód rezonansowy złożony z indukcyjności L3, pojemności C5, C6 i diody warikapowej D1. Jest on dostrajany do rezonansu na częstotliwość odbieranej stacji za pomocą napięcia strojenia doprowadzanego do warikapu za pośrednictwem rezystora R2. Wzmocniony odbierany sygnał w cz. jest doprowadzony do mieszacza samowzbudnego, zbudowanego na drugiej połowie lampy V1. Układ generatora jest układem Meissnera - sprzężenie zwrotne uzyskiwane jest za pomocą indukcyjności L6. Generator jest strojony za pomocą napięcia, podawanego na diody pojemnościowe D2 i D3. Strojenie generatora odbywa się współbieżnie ze strojeniem obwodu z indukcyjnością L3, dzięki połączeniu rezystorów R2 i R6 (to samo napięcie strojenia). Może dziwić sposób włączenia diod - może on zmylić niektórych Czytelników, którzy uznają, że układ generatora jest układem Collpitsa. Mieszanie sygnałów o częstotliwości generatora i odbieranej stacji następuje na siatce



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów głowicy w obudowie

sterującej drugiej połowy lampy V1, czyli zachodzi w sposób sumacyjny.

Parametrem określającym przydatność lampy do układu mieszacza jest nachylenie przemiany. Przy przemianie sumacyjnej nachylenie przemiany osiąga znaczne wartości - do 0,3 nachylenia charakterystyki  $S_a$  lampy. Dzięki temu napięcie heterodyny nie musi być duże. Ważnym warunkiem, jaki należy spełnić, jest stałość amplitudy drgań heterodyny w całym zakresie strojenia - tylko wtedy nachylenie przemiany nie zmienia się. Okazuje się niestety, że będziemy mieli z tym poważne kłopoty. Tym samym nie uzyskamy pokrycia całego pasma. W prototypowej głowicy uzyskałem odbiór stacji w zakresie 96...108 MHz. Z transformatora L7,L8 wyprowadzane jest napięcie pośredniej częstotliwości (p.cz.).

Należy zwrócić uwagę na kondensatory przepustowe C19, C20 i C21. Nie mogą to być zwykłe kondensatory, gdyż ich doprowadzenia mają stosunkowo dużą indukcyjność. Takie kondensatory nie zwierająby do masy sygnałów w.cz. W obwodzie żarzenia lampy V1 umieszczono filtr D12, C22 w celu zapobieżenia szkodliwym sprzężeniom między głowicą i resztą odbiornika.

Głowicę zmontowano w stalowym pudełku 70x60x40 mm wykonanym z blachy ocynkowanej grubości 0,8 mm. Na rys. 2 przedstawiono rozmieszczenie elementów głowicy w obudowie.

Byłoby dobrze, gdyby podstawa pod lampę była podstawką ceramiczną, koniecznie z osłoną. Ekran wewnętrzny lampy (nóżka 9) powinien być połączony z masą. Wszystkie cewki głowicy nawinięto na karkasach o średnicy

zewnątrznej 7 mm. Wskazane jest przyłutowanie miedzianej przegrrody wewnątrz głowicy, gdyż poprawia to stabilność pracy głowicy i ogranicza promieniowanie sygnału heterodyny do anteny.

Po zmontowaniu głowicy trzeba ją zestroić. Należy się spodziewać, że większość Czytelników nie dysponuje choćby falomierzem-generatorem na ten zakres. Dlatego przedstawię inną metodę strojenia, która wymaga jedynie odbiornika z zakresem UKF. Jest ona mniej dokładna, ale w miarę prosta i dostępna dla każdego (rys. 3).

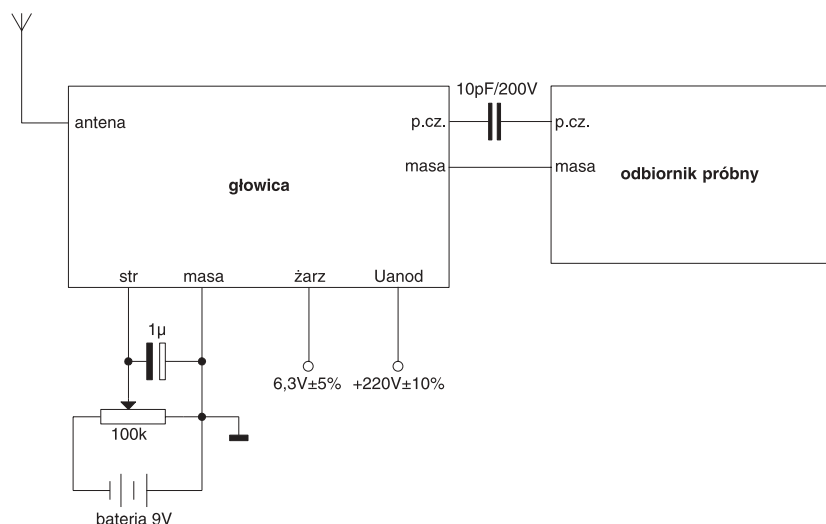
Dołączamy wszystkie napięcia zasilające głowicę, podłączamy antenę, a sygnał p.cz. doprowadzamy do wzmacniacza p.cz. odbiornika z zakresem UKF. Oczywiście może to być odbiornik nie przestrojony na górny zakres. Po prostu, zamiast głowicy odbiornika dołączamy głowicę zestrajaną. Napięcie strojenia głowicy możemy uzyskać z dwóch baterii 9 V za pomocą potencjometru 100 k $\Omega$ . Kręcąc potencjometrem próbujemy „złapać” jakąkolwiek stację. Jeśli się to nie udaje, należy pokręcić rdzeniami cewki L5/L6. Jeśli już uda się coś złapać, to kręcąc rdzeniem cewek L7 i L8 uzyskujemy maksymalną głośność i czystość dźwięku. Teraz przystępujemy do dostrojenia cewek L5 i L6 tak, aby otrzymać żądany zakres częstotliwościowy odbieranych stacji radiowych (w moim przypadku 96...108 MHz).

Dostrojenie cewki L3 dobieramy w oparciu o najlepszy odbiór w środkowej części odbieranego

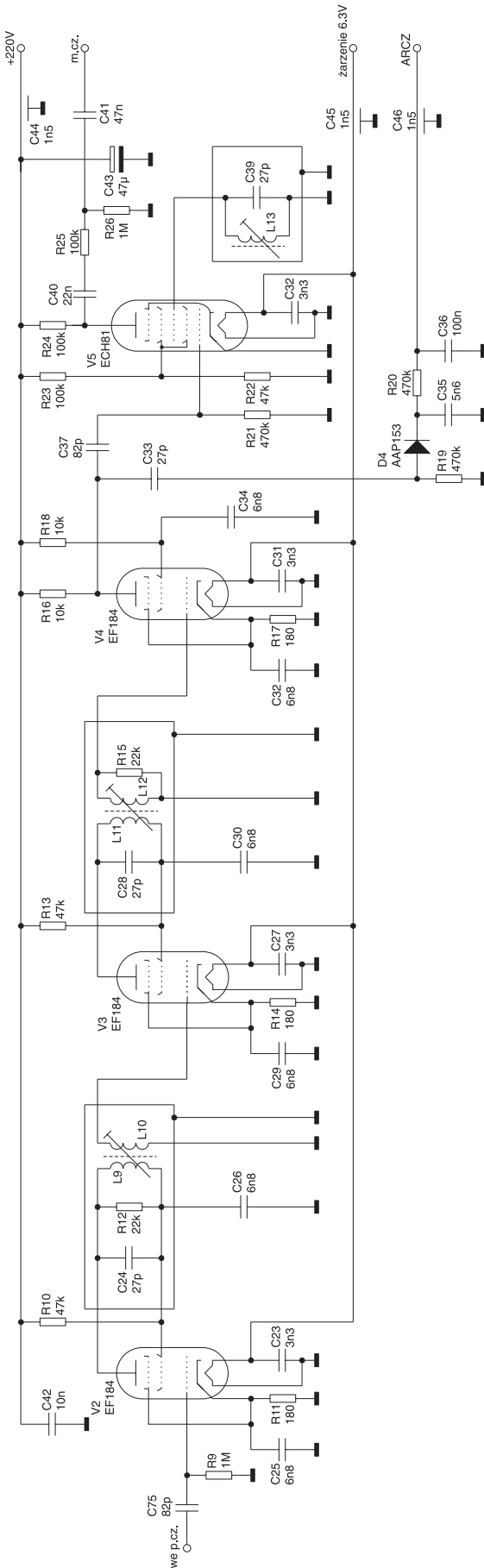
pasma. Pozostaje jeszcze dostrojenie obwodu wejściowego, które nie jest krytyczne. W tym celu należy odebrać jakąś stację w okolicy połowy zakresu, a więc około 103...104 MHz. Kręcąc rdzeniem cewek L1 i L2 uzyskujemy maksymalną siłę głosu tej stacji. Jeżeli jednak nie udaje nam się odebrać w ogóle żadnej stacji, należy najpierw zmienić indukcyjność cewek L7 i L8 i powtórzyć opisane wyżej czynności. Jeśli nie daje to rezultatu, przyczyną jest niewłaściwa indukcyjność cewek L5 i L6 lub złe (niezgodne ze schematem z rys. 1) włączenie cewki L6. Należy zamienić wtedy miejscami końcówki tej cewki. Jeśli głowica jest zestrojona to dolutowujemy denko głowicy i ewentualnie ją jeszcze dostrajamy (cewka L1/L2 i L5/L6).

### Wzmacniacz p.cz.

W odbiornikach fabrycznych z reguły stosowano dwustopniowy wzmacniacz p.cz. pracujący jako detektor stosunku. Próby z takim detektorem dały jednak mierny efekt. Detektor stosunku jest trudny w strojeniu i jest to główną przyczyną porażki. Zachęcające wyniki dały natomiast próby z lampowym detektorem iloczynowym (koincydencyjnym). Układ takiego detektora jest o tyle korzystny, że jest łatwy w strojeniu i daje dużą wartość napięcia m.cz. Wymaga natomiast dużych wartości napięć sterujących p.cz. 8...20 V. Przyjmując pesymistycznie, że głowica zapewni wzmocnienie równe 200, zaś sygnał



Rys. 3. Proponowany układ do strojenia głowicy UKF



Rys. 4. Schemat wzmacniacza p.cz. i detektora iloczynowego

z anteny ma wartość 5  $\mu\text{V}$  a detektor wymaga sygnału p.cz. o wartości 20 V możemy znaleźć potrzebne wzmocnienie wzmacniacza p.cz.:

$$K = \frac{20\text{V}}{3 \cdot 10^{-6}\text{V} \cdot 200} = 33333\text{V/V}$$

czyli około 90dB.

Nie wiem, jakimi lampami będzie dysponował Czytelnik, więc przedstawię tok obliczeń niektórych elementów wzmacniacza p.cz. (schemat wzmacniacza p.cz. i detektora iloczynowego pokazano na rys. 4).

Przy zastosowaniu wzmacniacza dwustopniowego wzmocnienie przypadające na jeden stopień powinno wynieść około 180 (pierwiastek kwadratowy z K). Tymczasem maksymalne stabilne wzmocnienie, jakie można uzyskać w pojedynczym stopniu pentodowego wzmacniacza p.cz. określa wzór:

$$K_{\text{max}} = \sqrt{\frac{79,58 \cdot S_a}{f \cdot C_{as}}}$$

gdzie:

$S_a$  - nachylenie charakterystyki lampy w mA/V,  
 $f$  - częstotliwość w MHz,  
 $C_{as}$  - pojemność anoda-siatka w pF.

Spośród lamp, które szczególnie dobrze się nadają do układu wzmacniacza p.cz., należy wymienić pentody EF80 i EF 184. W tab. 1 zebrano najistotniejsze dla nas parametry tych lamp:  $C_{as}$ ,  $S_a$  i  $K_{\text{max}}$  przy częstotliwości 10,7 MHz.

Z tab. 1 widać, że lepsza jest lampa EF184, ale nawet ona nie da wzmocnienia 180 V/V. Wynika stąd, że wzmacniacz p.cz. musi być trójstopniowy. Zastosowanie lampy z większym nachyleniem charakterystyki ma jednak wadę, polegającą na większej

Tab. 1. Najważniejsze parametry lamp stosowanych w torze p.cz.

Typ lampy	$S_a$ [mA/V]	$C_{as}$	$K_{\text{max}}$ przy $f=10,7\text{MHz}$
EF80	7,4	0,007	89
EF184	15	0,0055	142

podatności układu na zniekształcenia skrośne.

Wzmacniacz p.cz. powinien przenieść sygnał w określonym paśmie częstotliwości. Zbyt wąskie pasmo przenoszenia toru p.cz. pogorszy jakość audycji, za duże zaś odbije się niekorzystnie na selektywności. Ponieważ dewiacja częstotliwości przy modulacji FM wynosi  $\pm 75\text{ kHz}$ , zaś największa częstotliwość modulująca wynosi 15 kHz, więc szerokość przenieszonego przez wzmacniacz p.cz. pasma powinna wynosić:

$$2\Delta f = 2 \cdot f_{\text{dewiacji}} + 2 \cdot f_{\text{modulacji}} = 180\text{kHz}$$

Nie oznacza to, że każdy z filtrów p.cz. ma mieć takie pasmo przenoszenia. Wraz z liczbą filtrów następuje bowiem zawężanie pasma, więc poszczególne filtry p.cz. powinny mieć szersze pasmo. Załóżmy, że będą trzy filtry (razem z filtrem p.cz. w głowicy  $n=3$ ).

Stąd wymagane pasmo przenoszenia pojedynczego filtra p.cz.:

$$2\Delta f' = \frac{2\Delta f}{\sqrt[3]{2}-1} = \frac{180\text{kHz}}{\sqrt[3]{2}-1} \approx 350\text{kHz}$$

Możemy teraz określić wymaganą dobroć filtra p.cz.:

$$Q = \frac{f_{p.cz.}}{2\Delta f'} = \frac{10700\text{kHz}}{350\text{kHz}} = 31$$

Pojemność obwodu filtra p.cz. możemy obliczyć ze wzoru:

$$C_{[pF]} \leq \frac{159154 \cdot S_a \cdot \sqrt[3]{2}-1}{2\Delta f' \cdot \sqrt[3]{K}} \leq \frac{159154 \cdot 15[\text{mA/V}] \cdot \sqrt[3]{2}-1}{180[\text{kHz}] \cdot \sqrt[3]{33333}}, \text{czyli } \leq 210\text{pF}$$

Obliczenie powyższe przeprowadzono dla lampy EF184 i wzmocnienia  $K=33333$ . Dla lampy EF 80 pojemność C powinna być mniejsza od 100pF. Przyjąłem więc pojemność C znacznie poniżej 100pF, co umożliwi zastosowanie nawet gorszych pentod. Na pojemność C będzie się składać pojemność anoda-katoda lampy  $C_{ak}$ , pojemność montażu i dodatkowa pojemność  $C_d$  dołączona do obwodu rezonansowego. Dla lampy EF184 pojemność  $C_{ak}=3\text{pF}$ , zaś jako pojemność montażu moż-

**Tab. 2. Tablica wartości współczynników kształtu dla cewek bezrdzeniowych**

l/d	$\sigma$	l/d	$\sigma$	l/d	$\sigma$	l/d	$\sigma$	l/d	$\sigma$	l/d	$\sigma$
0,5	10,4	0,54	10	0,58	9,6	0,62	9,2	0,66	8,9	0,7	8,6
0,74	8,3	0,78	8,1	0,82	7,8	0,86	7,5	0,9	7,3	0,94	7,2

na przyjąć około 10 pF. Dołączając dodatkowy kondensator  $C_d$  o pojemności 27 pF mamy pojemność obwodu filtru  $C=40$  pF.

Indukcyjność cewki obliczamy ze wzoru:

$$L[\mu H] = \frac{25330}{f^2 [MHz] \cdot C [pF]} = \frac{25330}{(10,7 MHz)^2 \cdot 40 pF} = 5,5 \mu H$$

Dobroć obwodu rezonansowego ma być równa  $Q=31$ , zaś technicznie jest możliwe skonstruowanie cewki o dobroci  $Q_L$  równej około 60, więc trzeba będzie tłumić nasz filtr dodatkową opornością. Wartość tej oporności powinna wynieść:

$$R[k\Omega] = \frac{159,2}{f_c [MHz] \cdot C [pF] \left( \frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_c} \right)} = \frac{159,2}{10,7 \cdot 40 \cdot \left( \frac{1}{31} - \frac{1}{60} \right)} = 23,2 k\Omega$$

Zastosujemy rezystory o typowej wartości rezystancji z szeregu E5 - przyjęto, że R12 i R15 mają po 22 k $\Omega$ .

Zastanówmy się teraz nad konstrukcją cewek filtru p.cz. (L9, L10, L11, L12, L13). Cewki nawinięto na karkasach o średnicy  $D=7$  mm drutem miedzianym emaliowanym o średnicy  $\Phi=0,18$  mm. Obliczmy indukcyjność cewki dla liczby zwojów  $z=30$ . Jeśli nawinąć bezrdzeniową cewkę starannie zwój przy zwoju, to jej długość l będzie równa:

$$l = \Phi \cdot z = 0,18 mm \cdot 30 = 5,4 mm$$

Stosunek długości cewki do jej średnicy l/D wyniesie wtedy 0,77. Odczytany z tab. 2 współczynnik kształtu cewki  $\sigma$  wynosi wtedy 8,1.

Stąd indukcyjność cewki:

$$L[\mu H] = 0,0001 \cdot \sigma \cdot z^2 \cdot D [mm] = 0,0001 \cdot 8,1 \cdot 30^2 \cdot 7 = 5,1 \mu H$$

Wymagana indukcyjność naszego obwodu wynosi, jak pamiętamy 5,5  $\mu H$ . Cewka filtru p.cz. będzie miała rdzeń, który umożliwia płynną zmianę indukcyjności cewki. Indukcyjność cewki z rdzeniem może być nawet o 20% większa od indukcyjności cewki bezrdzeniowej. Oznacza to, że nasza cewka może mieć indukcyjność maksymalną  $L_{max}=6,6 \mu H$  -

liczba zwojów  $z=30$  wydaje się być wystarczająca. Filtr p.cz. musi być ekranowany miedzianym lub aluminiowym kubkiem, aby uniknąć zakłóceń. Ekranowanie obniża indukcyjność i dobroć cewki. Najmniejsze dopuszczalne odległości między cewką a ekranem pokazano na rys. 5.

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

R1, R11, R14, R17: 180 $\Omega$ /0,6W 1%  
 R2, R5...R9, R26, R34, R41, R42, R48: 1M $\Omega$ /0,6W 1%  
 R3: 1k $\Omega$ /1W 1%  
 R4: 27k $\Omega$ /1W 1%  
 R10: 47k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R12, R15, R29, R30, R32, R33, R36, R39, R40: 22k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R13, R22: 47k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R16, R18: 10k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R19, R20, R21, R45, R46, R47: 470k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R23...R25, R27, R31: 100k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R28, R43, R44, R51: 1k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R35: 2,2k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R37, R38: 68 k $\Omega$ /0,6W 1%  
 R49...R50: 1k $\Omega$ /5W  
 P1: potencjometr 22k $\Omega$  montażowy  
 P2, P3: 100k $\Omega$  strojeniowe, wieloobrotowe  
 P4: 1M $\Omega$  logarytmiczny

### Kondensatory

C1, C6: 5,6pF/200V  
 C2: 270pF/200V  
 C3: 270pF/400V  
 C4: 18pF/200V  
 C5, C13, C24, C28, C33, C39: 27pF/400V  
 C7, C18: 1nF/400V ceramiczny  
 C8...C10, C16: 10 pF/400V  
 C11: 47pF/200V  
 C12: 4,7pF/400V  
 C14: 12pF/400V  
 C15, C17, C37, C54, C55, C75: 82 pF/400V  
 C19...C21, C44...C46: 1,5nF/400V przepustowy  
 C22: 2,2nF/200V ceramiczny  
 C23, C27, C31, C38: 3,3 nF/200V ceramiczny  
 C25, C26, C27, C29, C30, C32, C34: 6,8nF/400V ceramiczny

W modelu ekran wykonano jako kubek z blachy miedzianej 0,3 mm o podstawie kwadratu i boku  $a=22$  mm. Odpowiada to średnicy ekranu cylindrycznego  $R=0,6a=13,2$  mm.

Możemy sprawdzić o ile procent zmaleje indukcyjność ekranowanej cewki. Stosunek średnicy cewki do średnicy ekranu wynosi:

$$\frac{D}{R} = \frac{D}{0,6a} = \frac{7}{13,2} = 0,53$$

Stosunek długości cewki do jej średnicy l/D był już obliczony

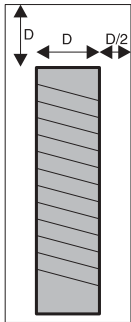
C35: 5,6nF/400V  
 C36, C58...C61, C63: 100nF/400V  
 C40: 22nF/400V  
 C41, C53: 47nF/400V  
 C42: 10nF/400V ceramiczny  
 C43: 47 $\mu$ F/400V elektrolityczny  
 C47...C49: 220pF/400V  
 C50: 15nF/400V  
 C51, C56, C57, C64: 1nF/400V  
 C52: 6,8nF/400V  
 C62: 150nF/400V  
 C65, C67, C70...C73: 100 $\mu$ F/400V elektrolityczny  
 C66: 1 $\mu$ F/16V elektrolityczny  
 C68, C74: 470 $\mu$ F/16V elektrolityczny  
 C69: 47nF/100V  
**Półprzewodniki**  
 D1...D3: dioda warikapowa 3xBB105B  
 D4: AAP153 lub podobna  
 D5: dioda stabilizacyjna 9,1V  
 D6: dioda LED  
 Pr1: mostek prostowniczy 1A/800V  
 Pr2: mostek prostowniczy 1A/50V

### Lampy

V1: ECC85  
 V2...V4: EF184  
 V6, V7, V9: ECC82  
 V8: EAA91  
 V10: EM800

### Różne

9 podstawek lampowych noval  
 1 podstawka lampowa heptal  
 3 włączniki dwustabilne dwusekcyjne  
 2 włączniki dwustabilne  
 B1: bezpiecznik 1 AT  
 2 gniazda chinch  
 1 gniazdo 75 $\Omega$   
 Cewki, transformatory i dławiki wg opisu



Rys. 5. Najmniejsze dopuszczalne odległości ekranu od cewki

i wynosi 0,77. Procentowy spadek indukcyjności naszej cewki wynosi ok.  $\lambda \approx 13\%$ . Zatem maksymalna indukcyjność cewki wynosi:

$$L'_{\max} = L_{\max} \cdot (100\% - \lambda) = 6,6 \mu H \cdot (100\% - 13\%) = 5,7 \mu H$$

Jest to wartość niewiele większa od wymaganej i przy niesprzyjających okolicznościach (inna od założonej pojemność montażu, niestaranne wykonanie cewki) uzyskanie rezonansu dla częstotliwości

pośredniej może być niemożliwe. Dla bezpieczeństwa trzeba więc nawinąć 2...3 zwoje więcej. Tym samym nasza cewka będzie mieć 33 zwoje. Jedynie filtr p.cz. w głowicy ma inne wartości pojemności i indukcyjności, dobrane pod kątem ograniczenia przenikania do dalszych części odbiornika zbędnych produktów mieszania wyższych rzędów.

Sprzężenie między stopniami wzmacniacza p.cz. jest indukcyjne. Liczba zwojów cewek sprzęgających jest taka sama jak w obwodach rezonansowych. Wielkość sprzężenia ustalono dobierając eksperymentalnie odległość między cewkami na 7mm.

We wzmacniaczu p.cz. zastosowano rozwiązanie kompromisowe między prostotą układu, łatwością jego zestrojenia, selektywnością i jakością odtwarzania. Można bowiem zastosować filtry pasmowe, co polepszy kształt charakterystyki przenoszenia, ale zestrojenie będzie trudniejsze.

Należy jeszcze wspomnieć, że próba zastosowania piezoceramicznego filtra kwarcowego nie dała dobrych wyników.

Parę słów wyjaśnienia do schematu wzmacniacza p.cz. z rys. 4. Lampy V2, V3, V4 stanowią trójstopniowy wzmacniacz p.cz., przy czym w obwodzie anodowym ostatniej lampy nie zastosowano filtra p.cz. Kondensatory C23, C27, C31, C38 i C45 zabezpieczają przed przedostawaniem na katodę się niepożądanych napięć w.cz. przez obwody żarzenia. Kondensatory C26, C30 i C34 są kondensatorami odsprężającymi siatek osłonowych lamp V2, V3 i V4.

W odbiorniku zastosowano prosty obwód automatycznej regulacji częstotliwości (ARCz). Napięcie regulacyjne uzyskuje się w obwodzie z elementami D4, C33, C35, C36, R19 i R20. Podobnie jak w głowicy zastosowano kondensatory przepustowe C44, C45 i C46.

**Aleksander Zawada, EP**  
aleksander.zawada@ep.com.pl