

forum

szukaj

książki

linki

artykuły

1:12:54 AM

teoria

dla początkujących

schematy

elektronika retro

mikrokontrolery



Elektronika w stylu retro

Lampowy tuner FM

Lampowy tuner FM - ten projekt polecamy nie tylko fanom urządzeń lampowych. Tą oryginalną konstrukcją powinni się również zainteresować wszyscy elektronicy preferujący miniaturową i energooszczędną elektronikę - chociażby na zasadzie kontrastu.

Nie ujmując nic nowoczesnej elektronice należy przyznać, że trzeba posiadać sporo umiejętności i finezji aby uruchomić oraz zestroić taki układ. Jeśli jesteś więc zainteresowany budową takiego układu lub poznaniem zasady jego działania, to zapraszam do bliższego zapoznania się z tą konstrukcją.

W tabelce poniżej umieszczam schemat ideowy tunera. Plik ze schematem ideowym zawiera niezbędną bibliotekę, a sam schemat narysowany jest w formacie programu CircuitMaker 2000.



Spakowane pliki do pobrania

Nazwa schematu/pliku	Format i wielkość pliku do pobrania		
	CKT	PCB	PDF (GIF)
Lampowy tuner FM	42 KB	---	---

*Autorem tekstu i schematów jest: **Aleksander Zawada***

Zmiany jakich dokonałem w stosunku do oryginału były podyktowane stylem i układem mojej strony.

Opis dotyczy urządzenia, przedstawionego w EP 1/04 i 2/04.

Nie jest to kolejne lampowe radio - to tuner, bez wzmacniacza mocy. Liczne zapytania zmobilizowały mnie do jego opracowania, choć przyznam, że miałem momenty zwątpienia. Przede wszystkim nie wierzyłem w powodzenie przy budowie głowicy. Ten etap poszedł jednak dość łatwo. O wiele więcej kłopotów miałem z układem detektora. Chciałem zastosować klasyczny wręcz detektor stosunku. Jednak jego strojenie bez wobulatora okazało się istnym koszmarem. Zależało mi jednak, by układ był pomyślany tak, by nie trzeba było stosować żadnych wymyślnych przyrządów. Podjąłem więc próby z detektorem iloczynowym, które wypadły nadzwyczaj pomyślnie. Ostatecznie powstało prezentowane "cudo". Dodam, że prace nad następną wersją powinny ruszyć już wkrótce. Zamierzam między innymi dodać dekatronowy programator stacji (stację będzie się "wykręcać" tarczą telefoniczną).

Nie zamierzam pod niebiosa wychwalać tego tunera. Przeciwnie - ma on wiele słabych stron. Aby układ było łatwo uruchomić, nie może on być zbyt złożony ani trudny w strojeniu (zwłaszcza, że jest to urządzenie lampowe, czyli „nie z tej epoki”). Jest bowiem dla mnie istotne, by moje układy były możliwe do powielenia. Z drugiej strony jednak oczekujemy dobrej jakości odtwarzania. Oba te warunki stoją ze sobą (niestety) w sprzeczności. Położyłem więc większy nacisk na łatwość zestrojenia.

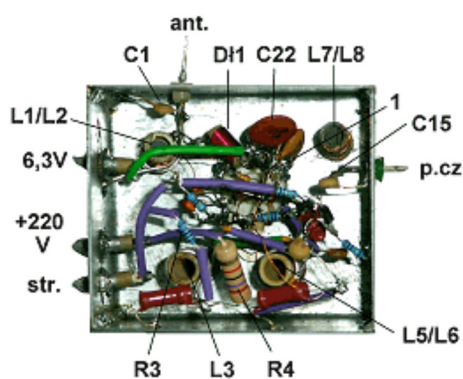
Godni kontynuatorzy sprawy lampowego tunera (a wiem, że jest ich trochę) z czasem ulepszą ten układ i być może podzielią się swoimi sukcesami... Tego życzę Wam i sobie samemu.

Głowica

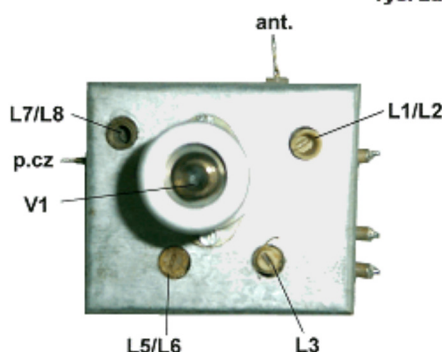
Trudność naszego zadania polega na tym, że raczej nie będziemy mogli posłużyć się gotową lampową głowicą - będziemy musieli ją wykonać samodzielnie. Był to główny powód, dla którego nie podjąłem się od razu budowy odbiornika superheterodynowego. Istnieje wprawdzie możliwość przestrojenia starej głowicy lampowej na górny zakres UKF. Jest to zadanie niełatwe, a poza tym wyłania się problem: skąd wziąć taką głowicę? Jednak w przypadku użycia takiej głowicy nie można będzie zastosować skali elektronowej ani ARCZ (automatycznej regulacji częstotliwości), gdyż strojenie w starych głowicach odbywa się na drodze mechanicznej a nie elektronowej.

Głowica jest zespołem, zawierającym wzmacniacz wejściowy, generator lokalny (heterodynę), mieszacz i pierwszy filtr częstotliwości pośredniej. Ponieważ głowica jest wrażliwa na zakłócenia i zawiera generator lokalny ma ona postać metalowego pudełka, tak by niepożądane promieniowanie do anteny ograniczyć do minimum. Do głowicy jest doprowadzany sygnał z anteny, zaś jest wyprowadzany sygnał o częstotliwości pośredniej 10,7 MHz. Powstaje on wskutek mieszania częstotliwości odbieranej stacji i częstotliwości wytwarzanej w heterodynie. Jeśli odbieramy stację o częstotliwości np. 105,6 MHz heterodyna pracuje na częstotliwości o 10,7 MHz większej, czyli 116,3 MHz. W wyniku mieszania częstotliwości uzyskujemy sygnał pośredniej częstotliwości 10,7 MHz. Przy odbiorze jakiegokolwiek innej stacji częstotliwość pośrednia również wynosi 10,7 MHz. Oznacza to, że podczas przestrojenia głowicy są przestrojane dwa obwody rezonansowe: pierwszy w obwodzie wzmacniacza wejściowego, drugi w obwodzie generatora lokalnego.

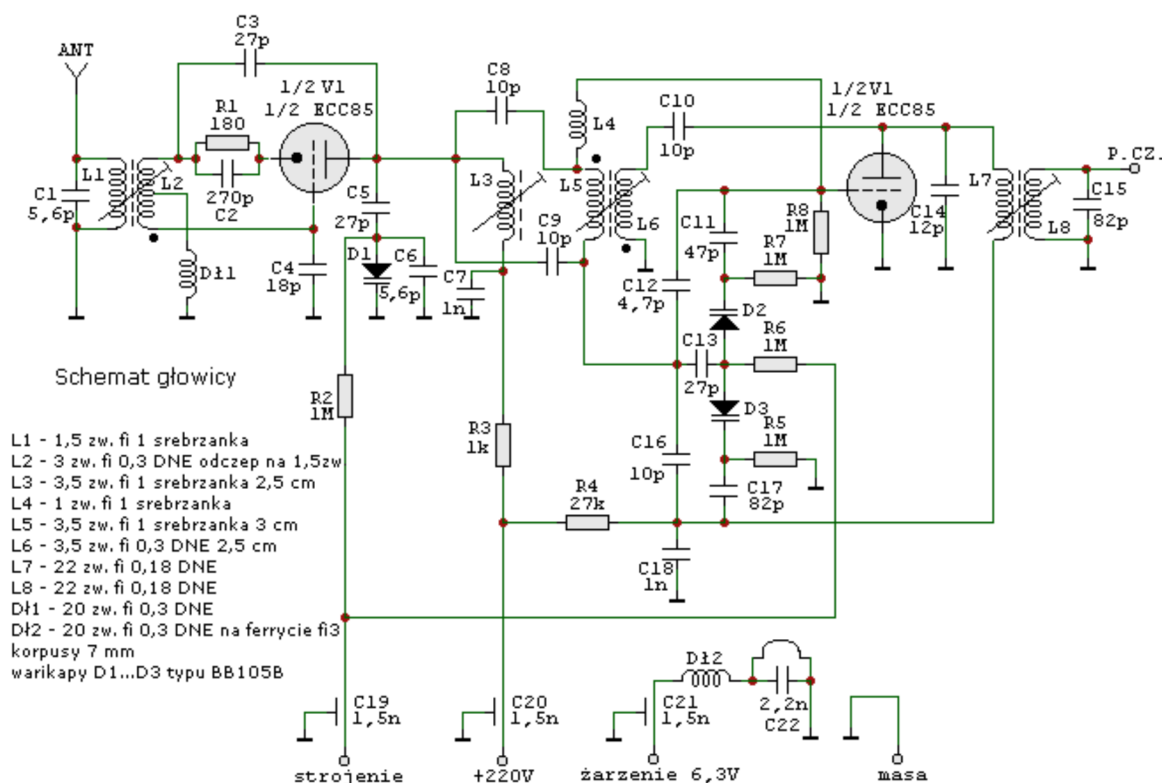
Fabryczne głowice lampowe były zazwyczaj przestrojane indukcyjnościowo. Konieczna była współbieżność strojenia dwóch cewek, co wymagało dość skomplikowanego napędu skali. Obecnie wykonanie takiego napędu jest bardzo problematyczne. Zazwyczaj stosowano antenowe wejście symetryczne (300Ω). To rozwiązanie obecnie nie ma racji bytu, gdyż w powszechnym użyciu są anteny z doprowadzeniem koncentrycznym. Dlatego zdecydowałem, że budowana przeze mnie głowica nie będzie wierną kopią głowicy fabrycznej. Strojenie głowicy mojej konstrukcji odbywa się za pomocą warikapów a wejście antenowe jest niesymetryczne. Dzięki zastosowaniu warikapów układ strojenia jest prosty, można zastosować 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.



rys. 2a



Rys. 2b



100kW. Kręcąc potencjometrem próbujemy "złapać" jakąkolwiek stację. Jeśli się to nie udaje należy kręcić rdzeniami cewki L5/L6. Jeśli już uda się coś "złapać" to kręcąc rdzeniem cewek L7 i L8 uzyskujemy maksymalną siłę i czystość dźwięku. Przystępujemy do dostrojenia cewek L5 i L6, tak by otrzymać żądany zakres odbieranych częstotliwości (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 pierwiej zmienić indukcyjność cewek L7 i L8 i powtórzyć opisane operacje. 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 już głowica jest zestrojona to na koniec dolutowujemy denko głowicy i ewentualnie ją jeszcze dostrajamy (cewka L1/L2 i L5/L6).

Wzmacniacz częstotliwości pośredniej i detektor

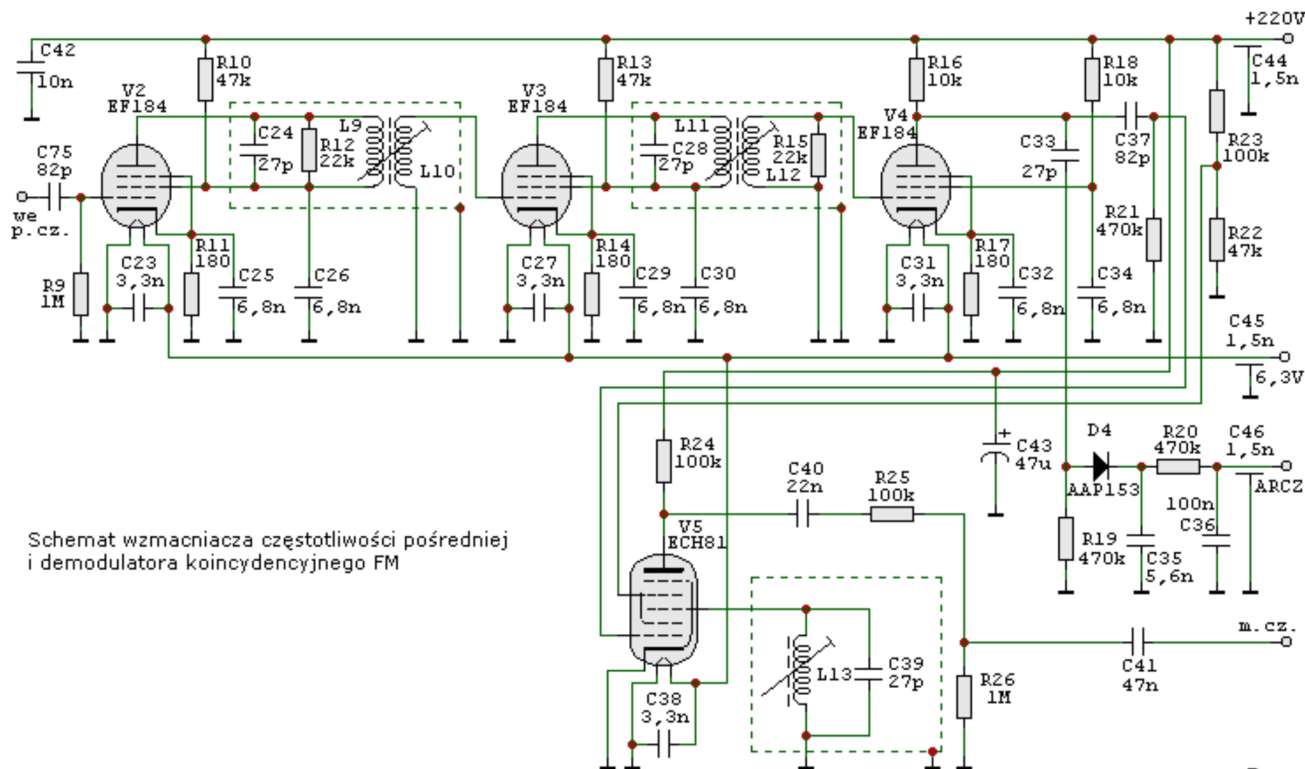
Wzmacniacz p.cz.

Z reguły w odbiornikach fabrycznych stosowano wzmacniacz p.cz dwustopniowy, pracujący na 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. rzędu 8-20V. Przyjmując pesymistycznie, że głowica zapewni wzmocnienie równe 200, zaś sygnał z anteny ma wartość 5mV, a detektor wymaga sygnału p.cz o wartości 20V możemy znaleźć potrzebne wzmocnienie wzmacniacza p.cz.:

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

czyli ok. 90dB.

Nie wiem, jakimi lampami będziesz dysponował, więc przedstawię tok obliczeń niektórych elementów wzmacniacza p.cz. Schemat wzmacniacza p.cz i detektora iloczynowego pokazany jest na rys. 4.



Rys. 4

Tabela 1

Typ lampy	Sa [mA/V]	Cas [pF]	Kmax przy f=10,7MHz
EF80	7,4	0,007	89
EF184	15	0,0055	142

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. wyraża wzór:

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

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 tabeli 1 zebrano niektóre dane tych lamp: C_{as} , S_a i K_{\max} przy częstotliwości 10,7MHz.

Z tabeli 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 podatności układu na zniekształcenia skrośne.

Wzmacniacz p.cz powinien przenosić określone pasmo częstotliwości.

Za małe pasmo przenoszenia toru p.cz. pogorszy jakość audycji, za duże zaś odbije się niekorzystnie na selektywności. Ponieważ dewiacja częstotliwości przy modulacji FM wynosi ± 75 kHz, zaś największa częstotliwość modulująca wynosi 15 kHz, więc szerokość przenoszzonego przez wzmacniacz p.cz pasma powinna wynosić:

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

Nie znaczy to bynajmniej, że każdy z filtrów p.cz. ma przepuszczać takie pasmo. Wraz z ilością filtrów następuje bowiem zawężanie pasma, więc poszczególne filtry p.cz. powinny przenosić szersze pasmo. Załóżmy, że będą trzy filtry (razem z filtrem p.cz. w głowicy) $n=3$. Stąd wymagane pasmo przenoszenia pojedynczego filtru p.cz.:

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

Możemy teraz znaleźć wymaganą dobroć filtru p.cz.:

$$Q = \frac{f_{\text{pcz}}}{2 \cdot \Delta f'} = \frac{10700 \text{ kHz}}{350 \text{ kHz}} = 31$$

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

$$C [\text{pF}] \leq \frac{159154 \cdot S_a \cdot \sqrt[n]{\sqrt{2} - 1}}{2 \cdot \Delta f \cdot n \cdot K} = \frac{159154 \cdot 15 \text{ mA/V} \cdot \sqrt[3]{\sqrt{2} - 1}}{180 \text{ kHz} \cdot 3 \cdot 33333}$$

$$C \leq 210 \text{ pF}$$

Obliczenie powyższe przeprowadzono dla lampy EF184 i wzmocnienia $K=33333$. Dla lampy EF 80 pojemność C powinna być mniejsza od 100pF. Pojemność C obrabiam 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 $C_{ak}=3$ pF, zaś pojemność montażu można założyć około 10 pF. Dołączając dodatkowy kondensator C_d o pojemności 27 pF mamy pojemność obwodu filtru $C=40$ pF. Stąd indukcyjność cewki:

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

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:

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

Użyjemy typowej wartości z szeregu - oporniki R12 i R15 mają po 22kΩ. Zastanowimy się teraz nad konstrukcją cewek filtru p.cz. (L9, L10, L11, L12, L13). Cewki nawinięto na karkasach o średnicy $D=7\text{mm}$, drutem miedzianym emaliowanym o średnicy $F=0,18\text{mm}$. Obliczmy indukcyjność cewki dla liczby zwojów $z=30$. Jeśli nawinąć bezrdzeniową cewkę starannie zwoj przy zwoju, to jej długość będzie równa:

$$l = F \cdot z = 0,18\text{mm} \cdot 30 = 5,4\text{mm}$$

Stosunek długości cewki do jej średnicy l/D wyniesie wtedy 0,77. Odczytany z tabeli 2 współczynnik kształtu cewki s wynosi wtedy 8,1.

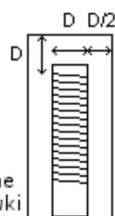
Tabela 2

l/D	s	l/D	s	l/D	s	l/D	s	l/D	s	l/D	s
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

Stąd indukcyjność cewki:

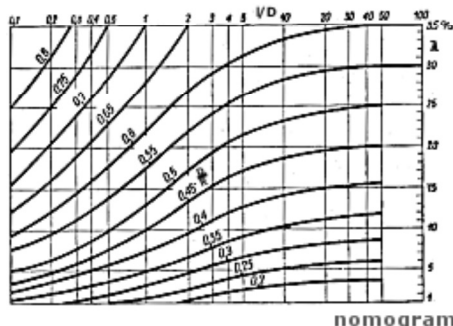
$$L [\mu\text{H}] = 0,0001 \cdot s \cdot z^2 \cdot D [\text{mm}] = 0,0001 \cdot 8,1 \cdot 30^2 \cdot 7 = 5,1 \mu\text{H}$$

Wymagana indukcyjność naszego obwodu wynosi, jak pamiętamy $5,5 \mu\text{H}$. Cewka filtru p.cz. będzie miała rdzeń, który umożliwi 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 $L_{\text{max}}=6,6 \mu\text{H}$ - ilość zwojów $z=30$ wydaje się być wystarczająca. Filtr p.cz. musi być jednak ekranowany miedzianym lub aluminiumowym kubkiem, aby uniknąć zakłóceń. Ekranowanie obniża indukcyjność i dobroć cewki. Najmniejsze dopuszczalne odległości między cewką, a ekranem pokazuje rys. 5. W modelu ekran stanowi kubek z blachy miedzianej 0,3mm o podstawie kwadratu o boku $a=22\text{mm}$. Odpowiada to średnicy ekranu cylindrycznego $R=0,6a=13,2\text{mm}$. Możemy sprawdzić o ile procent zmaleje indukcyjność ekranowanej cewki. Stosunek średnicy cewki do średnicy ekranu wynosi:



Najmniejsze dopuszczalne odległości ekranu od cewki

Rys. 5



nomogram

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

Stosunek długości cewki do jej średnicy l/D był już obliczany i wynosi 0,77. Z nomogramu zamieszczonego obok (aby go powiększyć wystarczy "kliknąć" w niego) można znaleźć procentowy spadek indukcyjności naszej cewki $l \gg 13\%$. Zatem maksymalna indukcyjność cewki wynosi:

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

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. 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. Ilość zwojów cewek sprzęgających jest taka sama jak w obwodach rezonansowych. Wielkość sprzężenia ustalono dobierając eksperymentalnie odległość między cewkami na 7mm. Zastosowany wzmacniacz p.cz. jest rozwiązaniem kompromisowym 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 filtru p.cz. Kondensatory C23, C27, C31, C38, C45 zabezpieczają przed przedostawaniem się niepożądanych napięć w.cz. przez obwody żarzenia. Kondensatory C26, C30 i C34 są kondensatorami odsprężającymi siatek osłonnych lamp V2, V3 i V4. W odbiorniku zastosowano prymitywny układ automatycznej regulacji częstotliwości (ARCZ). Napięcie regulacyjne uzyskuje się w układzie z elementami D4, C33, C35, C36, R19 i R20. Podobnie jak w głowicy zastosowano kondensatory przepustowe C44, C45 i

C46.

Tabela 3

Symbol	Typ lampy
EQ40	Ennoda do det. iloczynowego
EQ80	Ennoda do det. iloczynowego
EH90	Lampa stosowana jako brama elektroniczna
EH81	Lampa przemiany
ECH81	Łatwo dostępna lampa przemiany
6BN6	Lampa elektronoprom. do det. iloczynowego

Detektor elektronowy

Lampowy detektor iloczynowy wymaga zastosowania odpowiedniej lampy wielosiatkowej. Taką lampą może być pentoda, heksoda, ennoda lub specjalne lampy elektronowopromieniowe. Ta ostatnia lampa typu 6BN6 była specjalnie skonstruowana do detektorów iloczynowych. Lampowe detektory iloczynowe nie były jednak szeroko rozpowszechnione, gdyż taki układ mimo niewątpliwie dobrej jakości odtwarzania wymagał większej liczby lamp od układu z detektorem stosunku. Wynika stąd wniosek, że będziemy mieli kłopoty z zaopatrzeniem się w lampy specjalnie przeznaczone do detektorów iloczynowych. W tabeli 3 przedstawiono dobrze nadające się typy lamp.

Najłatwiej będzie zdobyć lampę ECH81, stosowaną w wielu odbiornikach lampowych rodzimej produkcji. Zawiera ona w bańce heksodę i triodę, która pozostanie wolna. Dość łatwo dostępny jest jej rosyjski odpowiednik 6И1П. Popularna ECH84, stosowana w dawnych odbiornikach telewizyjnych w obwodach synchronizacji nie daje dobrych wyników.

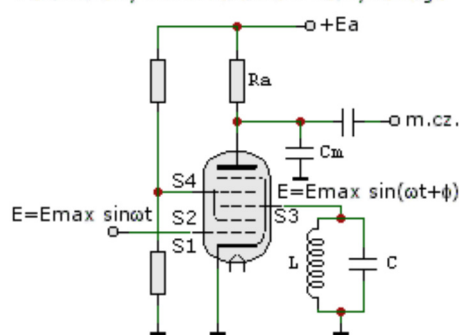
Omówimy teraz zasadę działania detektora iloczynowego. Pomocny nam w tym będzie układ przedstawiony na rys. 6. Sygnał ze wzmacniacza p.cz jest doprowadzony do siatki sterującej (S1) heksody lampy ECH81. W obwodzie siatki trzeciej znajduje się obwód rezonansowy LC nastrojony na częstotliwość 10,7MHz. Jest on pobudzany do drgań wskutek przepływu prądu p.cz. przez lampę. Napięcia na elektrodach lampy są dobrane w ten sposób, że przez anodę prąd płynie jedynie wtedy gdy siatki czynne (sterujące) S1 i S3 są dodatnie (stąd nazwa detektora - iloczynowy). Jeżeli sygnał jest niemodulowany, czyli o częstotliwości równej 10,7 MHz to obwód LC jest w rezonansie, a napięcie na siatce S3 jest przesunięte względem napięcia na siatce S1 o kąt $\phi = 90^\circ$. Oznacza to, że przez anodę lampy płynie prąd w czasie $\frac{1}{2}$ okresu napięcia p.cz. równej 10,7 MHz, bo w takim czasie obie siatki (S1 i S3) są dodatnie. Ponieważ oporność włączona w obwód anody jest duża, a napięcie siatek ekranujących lampy niskie (około 30V), więc prąd anodowy osiąga wartość nasycenia przy stosunkowo niedużych wartościach napięcia sterującego na S1 (kilkę V). Oznacza to, że detektor iloczynowy jest jednocześnie ogranicznikiem amplitudy. Jeżeli napięcie p.cz. będzie zmodulowane częstotliwościowo to obwód LC chwilami nie będzie w rezonansie i kąt przesunięcia fazowego między napięciami na S1 i S3 będzie się zmieniał. Prąd anodowy będzie płynął teraz dłużej lub krócej - uzyskamy impulsy o zmieniającej się szerokości, ale o takiej samej wysokości. Powstające napięcie na oporniku anodowym ma wartość średnią zmieniającą się w takt dewiacji, czyli w takt użytecznego sygnału m.cz. Filtrowanie tego napięcia następuje na pojemności lampy i pojemności montażu C_m (patrz rys. 6). Zaletami detektora iloczynowego są: mała wrażliwość na zmiany amplitudy napięcia p.cz., łatwość strojenia, dobra jakość odtwarzania i uzyskiwanie dużych wartości napięcia m.cz., a także prostota strojenia. Zmiany prądu anodowego, płynącego przez lampę ECH81 detektora są nie mniejsze niż $DI_a = 40\mu A$. W anodzie lampy znajduje się opornik R o oporności 100k Ω , zaś oporność obciążenia R jest dużo większa od R. W tych warunkach napięcie na wyjściu detektora wynosi co najmniej:

$$U_{wy} = R \cdot DI_a = 100k\Omega \cdot 40\mu A = 4V$$

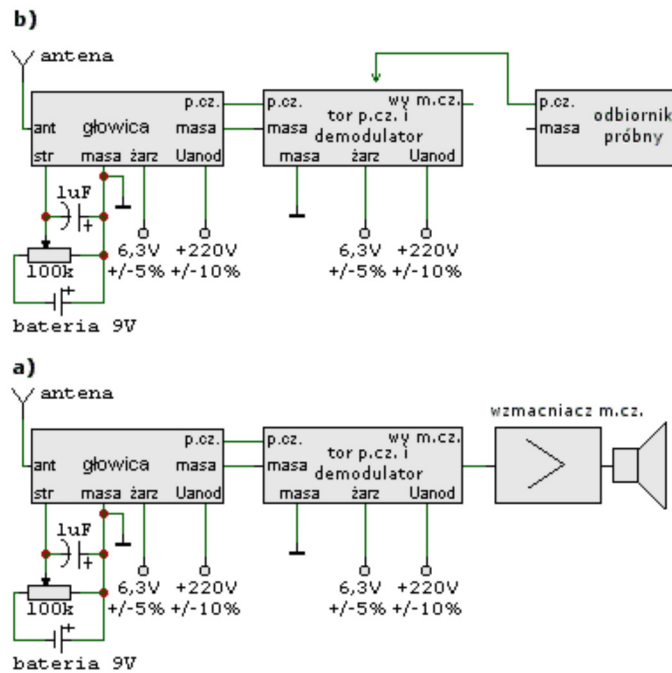
Lampa V5 ze schematu z rys.4 pracuje w układzie detektora elektronowego. Ponieważ okazało się, że przy bezpośrednim obciążeniu detektora zmieniają się nieco warunki jego pracy zastosowano opornik R25, który eliminuje ten problem.

W celu zestrojenia toru p.cz i detektora iloczynowego jest potrzebna zestrojona głowica, wspomniany odbiornik próbny i ponadto dowolny wzmacniacz częstotliwości akustycznych - odpowiedni układ przedstawiony jest na rys. 7.

Podstawowy układ detektora iloczynowego



Rys. 6



Układ umożliwiający zestrojenie wzmacniacza p.c.z. (a) i demodulatora FM (b)

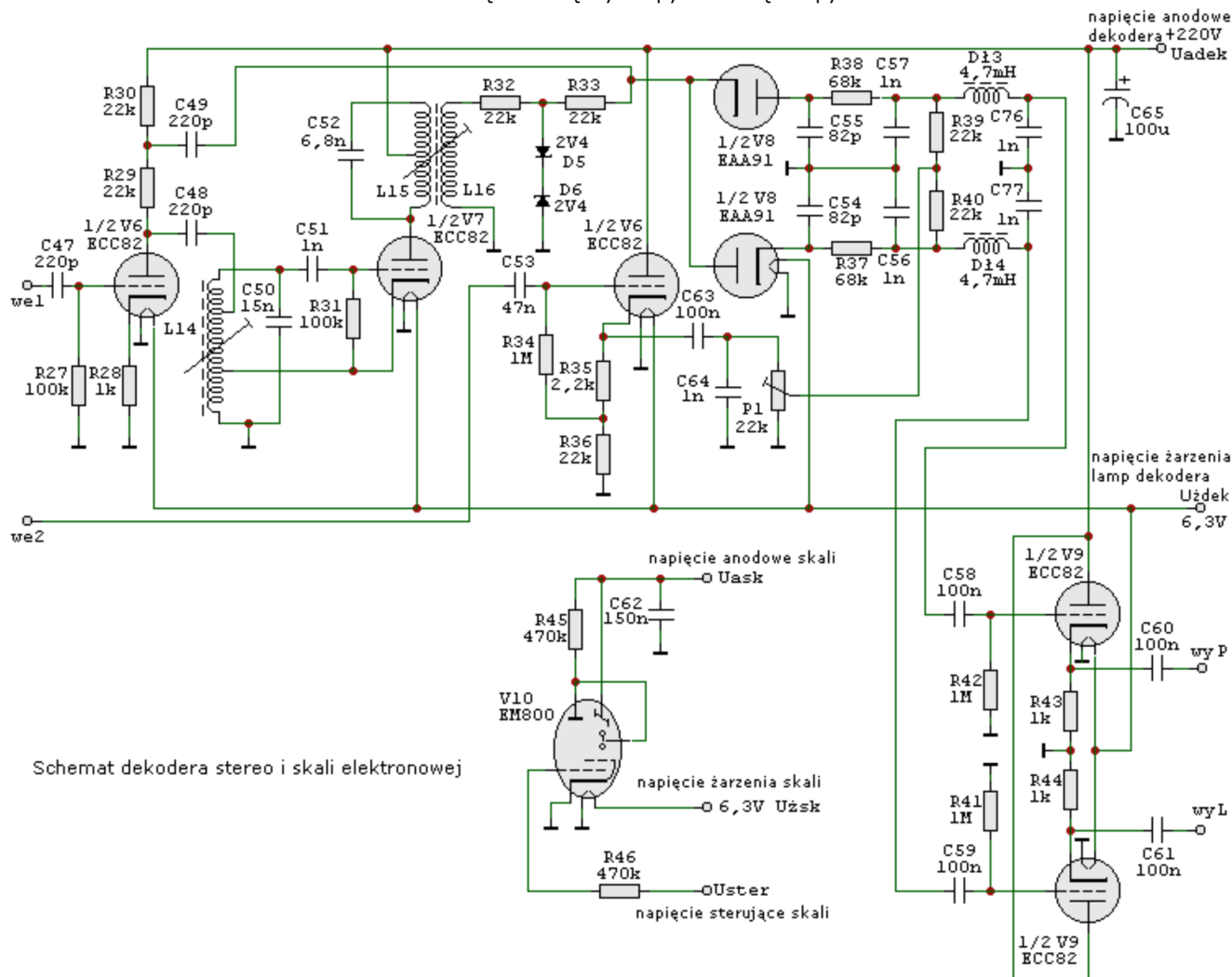
Rys. 7

Strojenie wzmacniacza p.c.z. zaczynamy od nałożenia na lampę pierwszego stopnia wzmacniacza p.c.z. (V2) metalowego ekranu, do którego przylutowujemy przewód prowadzący do wejścia p.c.z. odbiornika próbnego. Ekran ten nie powinien dotykać masy. W ten sposób osiągamy słabe sprzężenie odbiornika próbnego z pierwszym stopniem wzmacniacza p.c.z. Dzięki słabemu sprzężeniu odbiornik próbny nie wywiera prawie żadnego wpływu na pracę strojonego układu. Poprzez regulację napięcia warikapów w głowicy (potencjometr) próbujemy uzyskać odbiór z odbiornika próbnego. Jeżeli jest to niemożliwe to wskazuje to na błąd w połączeniach układu. Jeżeli natomiast udało się uzyskać czysty odbiór (ważne!) to zdejmujemy ekran z pierwszej lampy (nie zmieniać nastrojenia głowicy) i zakładamy go na kolejną lampę wzmacniacza p.c.z. (V3). Kręcąc rdzeniem filtru L9/L10 należy uzyskać maksimum głośności i czystości odbioru w odbiorniku próbnym. Po poprawnym zestrojeniu tego filtru przystępujemy do zestrojenia następnego stopnia. W tym celu zakładamy ekran na lampę V4 i stroimy filtr L11/L12 na maksimum głośności i czystości. Czynności te wydają się bardzo proste i mało czasochłonne. W rzeczywistości zabiera to trochę czasu, gdyż nieraz konieczna jest niewielka korekta nastrojenia stopnia poprzedzającego. Po zestrojeniu wzmacniacza p.c.z. stroimy demodulator. W tym celu odłączamy odbiornik próbny i do wyjścia m.c.z. za demodulatorem dołączamy wzmacniacz częstotliwości akustycznych. Może to być wzmacniacz akustyczny odbiornika próbnego. Kręcąc rdzeniem cewki L13 uzyskujemy maksimum czystości odbioru. Tu także może okazać się niezbędna lekka korekta ustawień filtrów poprzedzających L9/L10, L11/L12. W odbiorniku modelowym filtry nakryto miedzianymi daszkami, które po zestrojeniu przylutowano do kubków filtrów. Chroni to filtry przed kurzem. Moduł wzmacniacza p.c.z. i demodulatora zmontowano w pudełku 240mm x 70 mm x 40mm z ocynkowanej blachy stalowej.

Dekoder stereo, wzmacniacz m.c.z. i skala elektronowa

Skoro zadaliśmy sobie tyle trudu z wykonaniem przyzwoitej części w.c.z. to może warto wyposażyć odbiornik w dekodery stereo - oczywiście lampowe. W tym miejscu trzeba uprzedzić, że separacja kanałów nie będzie tak dobra jak w scalonych dekodach stereo z pętlą PLL (należy liczyć na separację rzędu 15dB). Lampowy dekodery będzie wymagał więcej opieki użytkownika niż jego scalony brat. Schemat elektryczny dekodera pokazano na rys. 8. Do wejścia we 1 jest doprowadzony sygnał m.c.z. z detektora elektronowego. Na wejście we 2 jest podawany ten sam sygnał z tą różnicą, że jego amplituda może być płynnie regulowana przez użytkownika. Użytkownik może więc ustalać warunki optymalnej pracy dekodera według subiektywnych odczuć jakości dźwięku. Sygnał z wejścia we1 jest wzmacniany w pierwszej części lampy V6, przy czym pojemność kondensatora w siatce tej lampy jest niezmienna. Dzięki temu wzmacniacz z lampą V6 wzmacnia jedynie częstotliwość pilota 19kHz oraz częstotliwości wstępne boczne do 38kHz. Wstępne boczne niosą sygnał różnicy kanałów lewego i prawego L - P. Kondensator C48 doprowadza wzmacniony sygnał pilota do odczepu cewki

L14 generatora przebiegu sinusoidalnego 19kHz z połową lampy V7, dzięki czemu jest synchronizowany bezpośrednio częstotliwością pilotującą. Generator pracuje w układzie Hartleya. Należy zaznaczyć, że układ generatora LC jest tu korzystny, gdyż generowana częstotliwość nie zmienia się w miarę wyczerpywania się lampy.



Rys. 8

W obwodzie anodowym lampy generatora znajduje się obwód L15, C52 dostrojony do drugiej harmonicznej pilota, czyli do 38kHz. Jest to prosty układ podwajacza częstotliwości. Drgania z tego obwodu są pobierane za pośrednictwem cewki L16. Diody D5 i D6 formują z przebiegu sinusoidalnego 38kHz przebieg zbliżony do prostokątnego. Jest on następnie zmodulowany amplitudowo częstotliwościami wstęp bocznych, doprowadzonych przez kondensator C49. W ten sposób uzyskuje się sygnał całkowicie zmodulowany sygnał 38kHz z modulacją różnicą kanałów L - P. Z wejścia we2 sygnał m.cz. niosący sygnał sumy kanałów L + P jest doprowadzony do wtórnika katodowego z lampą V6. W macierzy diodowej z lampą V8 i elementami C54...C57, R37...R40 następuje wydzielenie sygnałów kanału lewego i prawego. Zamiast diod lampowych V8 można zastosować diody germanowe. W macierzy zachodzą działania:

$$(L + P) + (L - P) = 2L \text{ oraz } (L + P) - (L - P) = 2P$$

Wydzielone i odfiltrowane sygnały kanałów L i P są podawane do wtórników katodowych z lampą V9. Konieczność zastosowania filtrów typu Π z elementami C57, C76, D13 oraz C56, C77, D14 była spowodowana tym, że podczas zapisu audycji z tunera na taśmę był słyszalny gwizd interferencyjny podnośnej 38kHz (bądź jej drugiej harmonicznej) i częstotliwości generatora prądu podkładu magnetofonu.

Po zastosowaniu wspomnianych elementów niedogodność ta znikła zupełnie. Dławiki D13 i D14 o indukcyjności D14 - fabryczne. Ilość zwojów cewek dekodera zależy od rozmiarów posiadanego karkasu. Autor dysponował rdzeniami cewek ze starego telewizora "Helios". Orientacyjna liczba zwojów cewki L14 - 500 drutem DNE 0,18mm z odczepami co 125 zwojów. Cewka L15 liczy 400 zwojów drutem DNE 0,18mm, odczep na 200 zwoju, zaś cewka L16 ma 250 zwojów tego samego drutu.

Obecnie zostanie omówiona skala odbiornika. Wszelkie konstrukcje mechaniczne z napędem linki skali zostały w przedbiegach odrzucone jako niepraktyczne. Pozostały dwie metody:

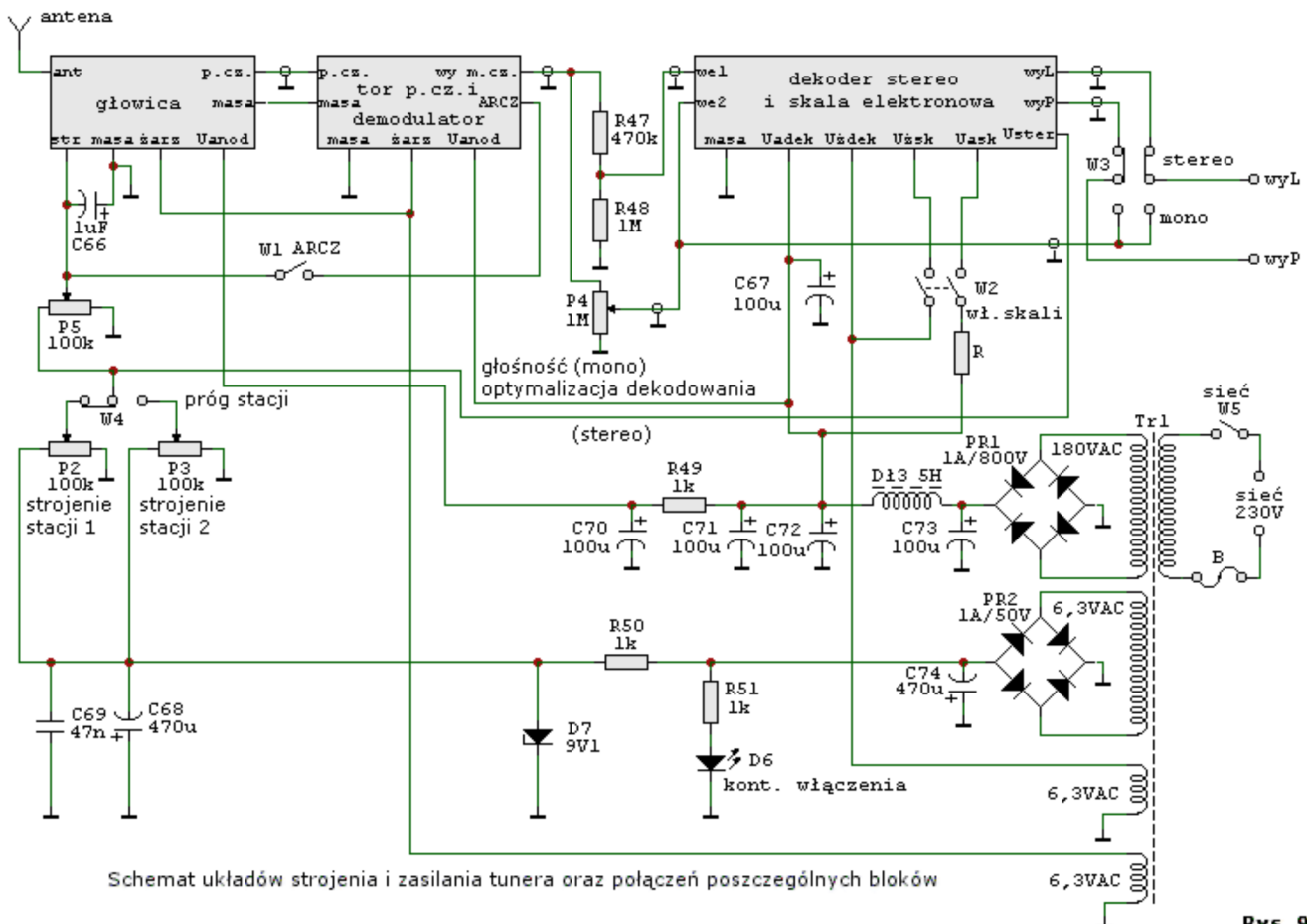
- przez pomiar częstotliwości heterodyny i odjęcie 10,7MHz. Częstotliwość mogłaby być wyświetlona np. na lampach nixie. Ponieważ układ mieszacza jest układem samodrgającym to pobieranie drgań heterodyny jest utrudnione. Należałoby zbudować głowicę na dwóch podwójnych triodach. Pierwsza trioda stanowiłaby wzmacniacz w.cz., druga heterodynę, trzecia mieszacz zaś czwarta byłaby separatorem. Z racji dużej komplikacji układowej rozwiązanie to zostało zarzucone.

- przez pomiar napięcia dla warikapów. Ten sposób był zastosowany z powodzeniem w "unitrowskim" odbiorniku Radmor 5100. Skalę stanowił czuły mikroamperomierz. W prezentowanym odbiorniku zdecydowano się na to właśnie rozwiązanie z tą różnicą, że skalę stanowi oko magiczne z pojedynczym świecącym słupkiem - lampa V10 typu EM800. Pewną wadę tego rozwiązania stanowi nieliniowość skali i trudność w nabyciu tej lampy. Z racji tego, że napięcie sterujące lampy EM800 zawiera się w przedziale 0...9V może być niekiedy konieczne zwiększenie czułości ster. W tym celu można wtrącić dodatkowy opornik R jak na schemacie z rys. 9. Rezystancję tego opornika należy dobrać doświadczalnie w zakresie 0...56 kΩ.

Moduł dekodera wykonano w pudełku ze stalowej blachy ocynkowanej o wymiarach 240 mm x 80 mm x 40mm.

Ostateczne uruchomienie

Uruchomienie dekodera przeprowadza się już po zmontowaniu całego odbiornika według rys. 9.



Rys. 9

Wykaz elementów

Nazwa elementu	Symbol	Ilość
5,6pF/200V	C1,C6	2
270 pF/200V	C2	1
270pF/400V	C3	1
18pF/200V	C4	1
- 27pF/400V	C5,C13,C24,C28 C33,C39	6
1nF/400V ceramiczny	C7,C18	2
10 pF/400V	C8,C9,C10,C16	4
47pF/200V	C11	1
4,7pF/400V	C12	1
12pF/400V	C14	1
82 pF/400V	C15,C17,C37,C54 C55,C75	6
1,5nF/400V przepustowy	C19,C20,C21,C44 C45,C46	6
2,2nF/200V ceramiczny	C22	1
3,3nF/200V ceramiczny	C23,C27,C31,C38	4
6,8nF/400V ceramiczny	C25,C26,C27,C29 C30,C32,C34	7
5,6nF/400V	C35	1
100nF/400V	C36,C58..C61,C63	5
22nF/400V	C40	1
47nF/400V	C41,C53	2
10nF/400V ceramiczny	C42	1
47μF/400V	C43	1
220pF/400V	C47,C48,C49	3
15nF/400V	C50	1
1nF/400V	C51,C56,C57,C64 C75,C76	6
6,8nF/400V	C52	1
150nF/400V	C62	1
100μF/400V	C65,C67,C70,C71 C72,C73	6
1μF/16V	C66	1
470μF/16V	C68,C74	2
47nF/100V	C69	1
180 0,6W 1%	R1,R11,R14,R17	4
1M 0,6W 1%	R2,R5...R8,R9,R26 R34,R41,R42,R48	11
1k 1W 1%	R3	1
27k 1W 1%	R4	1
47k 0,6W 1%	R10,R13,R22	3
22k 0,6W 1%	R12,R15,R29,R30 R32,R33,R36,R39 R40	9
10k 0,6W 1%	R16,R18	2
470k 0,6W 1%	R19,R20,R21,R45 R46,R47	6
100k 0,6W 1%	R23,R24,R25,R27 R31	5
1k 0,6W 1%	R28,R43,R44,R51	4
2,2k 0,6W 1%	R28,R43,R44,R51	1
68k 0,6W 1%	R37,R38	2
1k 5W	R49,R50	2
22k montażowy	P1	1
100k wielobrotowy	P2,P3	2
1M logarytmiczny	P4	1
mostek prostowniczy 1A/800V	Pr1	1
mostek prostowniczy 1A/50V	Pr2	1
BB105B warikap	D1,D2,D3	3

Przewidziano możliwość "zaprogramowania" dwóch stacji. Do tego służy przełącznik W4 i potencjometry P2 i P3. Powinny być one wielobrotowe. Dobre wyniki daje użycie potencjometrów wielobrotowych, stosowanych w "unitrowskich" odbiornikach TV. Napięcie strojenia jest podawane do głowicy za pośrednictwem potencjometru montażowego P5 i do siatki oka magicznego - skali.

Ponieważ zaświeceniu się całego ekranu oka magicznego EM800 odpowiada napięcie -9...-10V, czyli lewe skrajne położenie potencjometru P2 lub P3, zaś do strojenia naszej głowicy w całym zakresie wystarcza napięcie 0...-7...8V to potencjometrem P5 można w pewnym stopniu regulować położenie danej stacji na skali.

Napięcie strojenia jest uzyskiwane poprzez prostowanie pełnokresowe w prostowniku PR2 napięcia 6,3V, jego wygładzenie i stabilizację za pomocą elementów D7, C68, C69, C74, R50.

Włącznik W1 służy do włączania automatycznej regulacji częstotliwości. Przy włączeniu ARCZ napięcie poprawki z toru p.cz jest doprowadzane do warikapów. Zastosowana w układzie ARCZ działa poprawnie tylko w przypadku odstrajania odbiornika "w dół". Lepsze wyniki dałoby z pewnością zastosowanie pomocniczego układu detektora fazy albo detektora stosunku specjalnie dla ARCZ.

Przełącznik W3 umożliwia przełączanie rodzaju pracy mono-stereo.

Potencjometr P4 stanowi potencjometr siły głosu przy odbiorze monofonicznym i potencjometr do optymalizacji jakości przy odbiorze stereofonicznym.

Przewidziano możliwość wyłączenia oka magicznego-skali przy pomocy wyłącznika W2, który jednocześnie odcina napięcie anodowe i napięcie żarzenia lampy wskaźnikowej. Napięcie anodowe jest prostowane w prostowniku PR1 a następnie filtrowane w filtrze z elementami D13, C67, C70...C73, R49. Dławik D13 powinien mieć indukcyjność 5-10 henrów.

Transformator sieciowy powinien dostarczać napięć 2x 6,3V AC/ 1,8A (żarzenie), 12V AC/ 20 mA (strojenie) i 180V AC/ 70 mA (anodowe).

Do strojenia dekodera przydatny byłby oscyloskop. Potencjometr P5 powinien być w skrajnym, "lewym" położeniu, zaś potencjometr montażowy P1 należy ustawić w skrajnym "górnym" położeniu. Po nagraniu układu należy ustawić przełącznik W3 w pozycji "mono", potencjometr P4 w 1/2 do 2/3 i dostroić odbiornik do silnej, czysto odbieranej stacji. Następnie należy sprawdzić oscyloskopem, czy na górnym zacisku kondensatora C50 występują drgania sinusoidalne. Okres ich drgań powinien wynosić około 50μs. Jeśli tyle nie wynosi należy kręcić rdzeniem cewki L14. Jeśli nie daje to efektu należy zmienić pojemność C50. Następnie sprawdzamy oscyloskopem kształt przebiegu na górnym wyprowadzeniu cewki L16 i kręcimy jej rdzeniem aż otrzymamy sinusoidę o okresie około 25ms. Następnie przełącznik W3 należy przełączyć w pozycję "stereo", a P4 skrócić do zera. Mimo to w głośniku powinny być słyszalne ślady audycji, przechodzące wejściem We1 dekodera. Poza tym na jego tle powinno być słychać gwizd interferencyjny częstotliwości pilota 19kHz i częstotliwości generatora (większej od 19kHz). Jeśli go nie słychać, to albo odbierana stacja pracuje w systemie monofonicznym albo w układzie są błędy. Kręcąc rdzeniem cewki L14 należy doprowadzić do zaniku interferencji. Należy dokładnie słuchać w głośniku, kiedy to nastąpi. W przeciwnym razie gwizd znowu się pojawi wskutek tego, że częstotliwość generatora będzie mniejsza od 19kHz. Po tej czynności należy jeszcze raz dostroić obwód anodowy generatora z cewką L16 do drugiej harmonicznej (38kHz).

Potencjometrem P4 ustalamy optymalne warunki odbioru stereofonicznego. Można jeszcze wyregulować potencjometrem P1 w ten sposób by przy przełączaniu W3 i nieruchomym P4 nie następowała zmiana głośności.

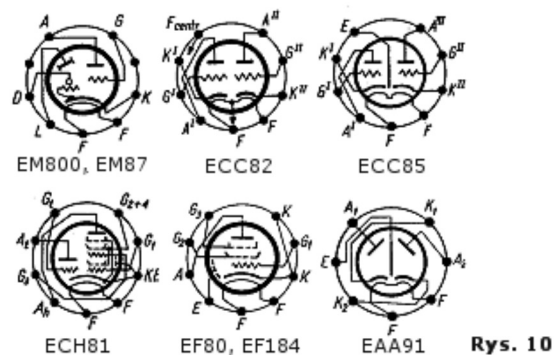
Na końcu można odpowiednio wyregulować skalę. W tym celu przy włączonym W2 ustawiamy potencjometr strojenia (P2 lub P3) w takim położeniu, by zaświecił się cały ekran oka magicznego. Następnie potencjometr P5 skręcamy z lewa na prawo do momentu, gdy usłyszymy pierwszą napotkaną stację (o najwyższej częstotliwości).

W układzie starałem się zastosować lampy, które są powszechnie dostępne a nawet mało cenione. Pewną trudność może sprawić nabycie oka magicznego EM800, któremu pod względem czułości odpowiada lampa EM87. Zresztą można zastosować inną skalę, jak choćby wspomniany mikroamperomierz albo w ogóle z niego zrezygnować.

Na rys. 10 przedstawiono rozkład wyprowadzeń zastosowanych lamp; na płycie prezentujemy ich dane. W tym miejscu mała uwaga: ekrany wewnętrzne lamp łączymy z masą. Ekranowania zewnętrznego wymaga lampa głowicy, wskazane jest także ekranowanie lampy I stopnia p.cz. i lampy generatora w dekodерze.

AAP153 lub podobna	D4	1
C9V1	D5	1
dioda LED	D6	1
ECC85	V1	1
EF184	V2,V3,V4	3
ECC82	V6,V7,V9	3
EAA91	V8	1
EM800	V10	1
bezpiecznik WTA-T 1A	B1	1
podstawki "noval"	-	9
podstawka "heptal"	-	1
wyłączniki dwustabilne dwusekcyjne	-	3
wyłączniki dwustabilne	-	2
Transformator wg opisu	Tr1	1
gniazda "chinch"	-	2
gniazdo 75W	-	1
Cewki, transformatory i dławiki wg opisu	-	-

Wyprowadzenia lamp są zawsze rysowane tak, jakby na lampę patrzyło się od strony cokołu



Parę słów o antenie. Dobre wyniki (Warszawa) dała zwykła antena prętowa, która umożliwiła bardzo dobry odbiór pięciu stacji i około 6 z mniejszą głośnością. Najlepsze wyniki dała jednak antena zewnętrzna.

autor: **Aleksander Zawada**
aleksander.zawada@ep.com.pl



UWAGA: Wszystkie umieszczone schematy, informacje i przykłady mają służyć tylko do własnych celów edukacyjnych i nie należy ich wykorzystywać do żadnych konkretnych zastosowań bez przeprowadzenia własnych prób i doświadczeń, gdyż nie udzielam żadnych gwarancji, że podane informacje są całkowicie wolne od błędów i nie biorę odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikające z zastosowania podanych informacji, schematów i przykładów.

Wszystkie nazwy handlowe, nazwy produktów oraz znaki towarowe umieszczone na tej stronie są zastrzeżone dla ich właścicieli. Używanie ich tutaj nie powinno być uważane za naruszenie praw właściciela, jest tylko potwierdzeniem ich dobrej jakości.

All trademarks mentioned herein belong to their respective owners.
 They aren't intended to infringe on ownership but only to confirm a good quality.

Strona wygląda równie dobrze w rozdzielczości 1024x768, jak i 800x600.
 Optymalizowana była pod IE dlatego polecam przeglądanie jej w IE5.5 lub nowszych przy rozdzielczości 1024x768.

© Copyright 2001-2005 Elektronika analogowa