

# Jak zostać krótkofalowcem

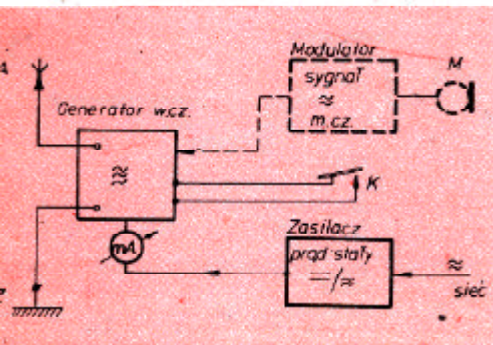
19

Zgodnie z przyjętym przez nas programem, omówimy obecnie zagadnienia teoretyczne i rozwiązania konstrukcyjne dotyczące montażu amatorskiego nadajnika radiotelegraficznego. Przypominamy, że w jednym z poprzednich odcinków podaliśmy przepisy i zasady użytkowania zezwoleń oraz uprawnień operatorskich. Zachęcaliśmy również młodzież harcerską do organizowania drużyn specjalizujących się w zagadnieniach łączności radiowej, rozpowszechniającej się w różnych służbach społecznych.

Spodziewamy się, że szczegółowe wyjaśnienie zasad funkcjonowania podzespołów radionadajnika oraz wskazówki dotyczące uruchomienia całej aparatury ułatwią zrealizowanie tego zadania.

Schemat idowy omawianego radionadajnika amatorskiego wraz z wykazem części składowych został zamieszczony w poprzednim numerze „MT”. Zamie-

Rys. 1. Schemat blokowy zestawu radionadawczego złożonego z generatora w.c.z., manipulatora — K, zasilacza oraz systemu promieniującego A—Z (linią przerywaną zaznaczono obwód modulatora)



rzaliśmy wówczas zorientować wstępnie zainteresowanych w zakresie stopnia złożoności układu.

Obecnie przeanalizujemy zasady funkcjonowania całej aparatury. Korzystając ze schematu blokowego (rys. 1) wyróżnimy generator w.c.z., czyli system promieniowania (antena i uziemienie), manipulator (klucz telegraficzny), zasilacz z prostownikiem oraz ewentualny modulator. Najpierw zwrócimy uwagę na wymagania techniczne stawiane aparaturze tego typu.

Podstawowym warunkiem jest stabilność wytwarzanych drgań elektromagnetycznych, czyli promieniowanej fali. Zależy ona zasadniczo od dwóch czynników: od pracy generatora — stabilizacja częstotliwości, oraz od pracy zasilacza — stabilizacja napięcia prądu stałego. W praktyce dąży się do zastosowania obu wymienionych metod, które przy zespoleniu dają najkorzystniejsze rezultaty.

Stabilizację częstotliwości w układzie nadajnika uzyskujemy przez wprowadzenie rezonatora kwarcowego, zaś stabilizację napięcia anodowego osiągamy przez zastosowanie jonowego stabilizatora (neonówki) w obwodzie zasilacza.

Przechodzimy z kolei do rozpatrzenia zasad funkcjonowania generatora samowzbudnego, w którym zastosowany jest rezonator kwarcowy, patrz rys. 2. Dla należytego zrozumienia pracy tego typu generatora, omówimy wstępnie działanie jego podstawowego elementu, jakim jest kwarc, a następnie zajmiemy się analizą samego układu.

Rezonator kwarcowy wyróżnia się dwiema podstawowymi zaletami: daje dużą stabilność częstotliwości i bardzo upraszcza rozwiązanie układu generacyjnego, gdyż wprowadza tylko jeden podstawowy element — kryształ kwarcu. Oczywiście, trzeba wskazać też pewne wady tego typu rozwiązania — znaczny koszt płytki kwarcowej oraz to, że zastosowanie kwarcu wymaga zachowania określonych parametrów elektrycz-

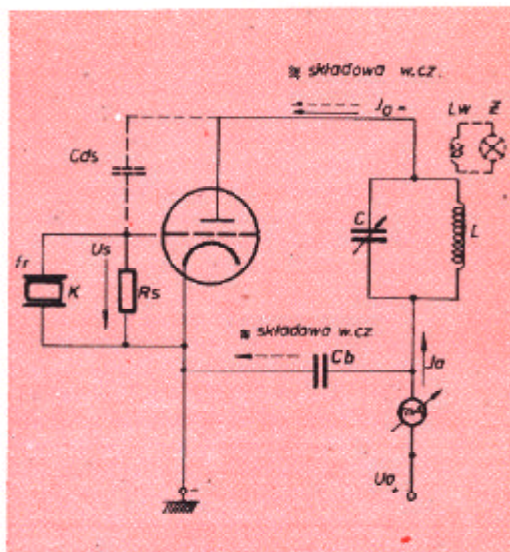
nych, gdyż przy przeciążeniu łatwo ulega ona zniszczeniu (może pęknąć).

Ponadto właściwości rezonatorów kwarcowych powodują, że służą one zasadniczo do stabilizacji tylko jednej częstotliwości (w związku z tym stosuje się je w praktyce radioamatorskiej do pracy na częstotliwościach harmonicznyc). Płytki kwarcowe, inaczej piezoelektryczne (od greckiego słowa: *piezo* — uciskam), używane w układach generacyjnych, są specjalnie wycięte z kryształu i mogą mieć kształt prostokątny lub okrągły. Płytki kwarcowe szlifuje się odpowiednio do właściwej grubości, która określa głównie częstotliwość drgań własnych, a umieszcza się je w specjalnych oprawach między elektrodami służącymi do połączenia z układem.

Przypomnijmy sobie, że właściwością kryształu kwarcu jest efekt piezoelektryczny, polegający na wytwarzaniu na okładkach (przewodzących elektrodach) ładunków elektrycznych różnych znaków pod wpływem sił mechanicznych — ściskania lub rozciągania, przy czym znaki ładunków wywołane przy ściskaniu są przeciwne niż przy rozciąganiu. Efekt ten jest odwracalny — jeżeli do okładek kwarcu przyłożymy pewne napięcie przemiennie, to w zależności od biegunowości potencjałów na tych okładkach płytka kwarcowa będzie poddawana okresowym skurczom i rozprężeniom, czyli wywołane zostaną drgania mechaniczne.

Charakterystyką elektryczną płytki kwarcowej jest częstotliwość drgań własnych (swobodnych). Określa ją zależność wynikająca ze wzoru empirycznego (ustalonego doświadczalnie):  $\lambda = 120 d$ , gdzie  $\lambda$  — długość fali w metrach,  $d$  — grubość płytki kwarcowej w milimetrach. Na przykład przy grubości kwarcu 0,4 mm długość fali odpowiadającej generowanej częstotliwości wyniesie:  $120 \times 0,4 = 48$  m.

Istotną cechą kwarcu jest bardzo ostry rezonans, to znaczy, że drga on ze swoją własną częstotliwością nawet



Rys. 2. Schemat ideowy generatora kwarcowego

wówczas, gdy częstotliwość przyłożonego napięcia jest nieco różna, a przy znacznej różnicy między częstotliwością przyłożoną i własną kwarc przestaje drgać. Zasadniczo ta właściwość jest wykorzystywana dla stabilizacji częstotliwości.

Do wyjaśnienia zasady funkcjonowania układu generatora kwarcowego posłużymy się schematem pokazanym na rys. 2. Jest to właściwie klasyczny układ, znany pod nazwą Kühn-Hutha, w którym obwód rezonansowy — siatkowy, zastępuje kwarc.

W rozpatrywanym układzie zwróćmy uwagę na dwa istotne momenty: rozwiązanie siatkowego obwodu drgań oraz sprzężenie zwrotne stanowiące warunek pracy generatora (funkcjonowanie generatorów samowzbudnych omawiano w poprzednich odcinkach). Obecnie zajmujemy się rozpatrzeniem pracy układu z rezonatorem kwarcowym. W zwykłych obwodach drgań typu LC energia elektryczna przechodzi w energię magnetyczną i na odwrót. Inaczej dzieje się w

kwarcu, tu energia elektryczna przechodzi w mechaniczną i odwrotnie.

Efekt w obu wypadkach jest analogiczny, gdyż i na zaciskach obwodu drgań LC i na kwarcu powstaje zmienne napięcie o określonej częstotliwości. Na schemacie (rys. 2) obwód sprzężenia zwrotnego pokazano linią przerywaną, stanowi go pojemność anoda-siatka. W obwodzie anodowym lampy nastraja się elementy LC na częstotliwość własną kwarcu.

Stabilizację uzyskuje się przez to, że zmienne napięcie kwarcu przyłożone do obwodu siatka-katoda, steruje pracą lampy, w której składowa zmienna prądu anodowego, czyli drgania w obwodzie LC będą miały taką częstotliwość. Układ ten oscyluje (drga) tylko w nieznanym zakresie strojenia anodowego obwodu rezonansowego. Wynika to stąd, że przy większym rozstrojeniu zmniejsza się rezystancja oraz wzmocnienie, a więc drgania przechodzące, za pośrednictwem sprzężenia zwrotnego, do obwodu siatkowego ulegną osłabieniu i staną się zbyt małe, aby mogły podtrzymać niegasnące drgania kwarcu. Obecność drgań w generatorze wykrywa się za pomocą miliamperomierza włączanego w obwód anodowy lub za pomocą prostego wskaźnika — żaróweczki zasilanej ze zwojnicy Lw sprzęgniętej indukcyjnie z obwodem LC. Kontrola za pomocą miliamperomierza polega na tym, że w warunkach wzbudzenia generatora składowa stała prądu anodowego maleje, a przy zerwaniu drgań rośnie.

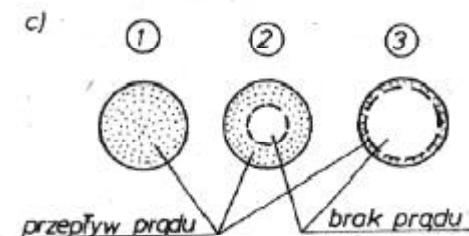
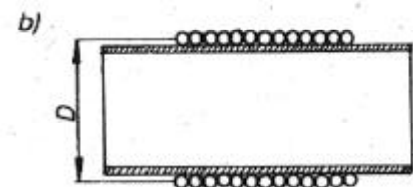
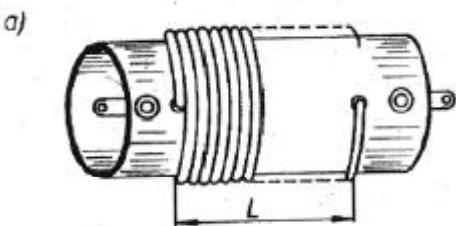
Objasnia się to zjawisko następująco. Podczas dodatnich półokresów przeciwnego napięcia siatkowego płynię prąd w obwodzie siatkowym, powodując na rezystorze  $R_s$  spadek napięcia, który wywołuje stałe ujemne napięcie siatkowe, czyli tzw. polaryzację siatki, a to wpływa na przesunięcie punktu pracy lampy i w efekcie — zmniejsza prąd anodowy. Trzeba dodać, że kondensator siatkowy w tym układzie nie jest potrzebny, gdyż prąd stały siatki

i tak przez kwarc nie może płynąć, bo jest on dielektrykiem.

Istotną sprawą jest dopuszczalna moc w obwodzie rezonatora kwarcowego, która zależy głównie od powierzchni płytek; dopuszcza się moc nie większą niż 1—2 W na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni płytki kwarcowej. Stabilizację kwarcową na wyższych pasmach fal krótkich i ultrakrótkich stosuje się zawsze jednocześnie z powielaniem. Oprócz kwarcu używa się jeszcze płytek z minerału turmalinu. Można za pomocą nich uzyskać stabilizację na wyższych częstotliwościach bez powielania (UKF).

Należyta praca radionadajnika w dużym stopniu zależy również od jakości wykonania elementów indukcyjnych, jakimi są zwojnice (cewki). W urządzeniach krótkofalarskich najczęściej mamy do czynienia ze zwojnicami jednowarstwowymi uzwojonymi przewodem jednożyłowym. Jakość (dobroć) zwojnic zależy głównie od dwóch czynników: strat dielektrycznych i strat w miedzi. Dobroć cewki jest uwarunkowana również jej wymiarami geometrycznymi. Najbardziej korzystny jest taki stosunek wymiarów cewki, gdy średnica (D) jest równa długości uzwojenia (L), patrz rys. 3.

Rozpatrując dobroć cewki pod względem strat w miedzi analizujemy wyrażenie  $Q = \frac{WL}{R}$ , z którego wynika, że wzrost dobroci następuje, oczywiście przy określonej częstotliwości, przez zwiększenie L, co łatwo osiągnąć, a także przez równoczesne zmniejszanie R. Jednakże zwiększenie indukcyjności powoduje wzrost liczby zwojów cewki, czyli długości drutu nawojowego, a więc i jego rezystancji. R można zmniejszyć przez zastosowanie drutu o większym przekroju i przez zwiększenie wymiarów cewki. Zwiększenie przekroju jest również istotne ze względu na efekt naskórkowości występujący przy przepływie prądów zmiennych, gdyż roboczy przekrój przewodnika dla prądów w.c.z. jest



Rys. 3. a, b — szkic zwojnicy jednowarstwowej, c — efekt naskórkowości: 1 — przepływ prądu stałego i zmiennego 50 Hz, 2 — przepływ prądu o częstotliwości 10 kHz, 3 — przepływ prądu o częstotliwości 100 kHz

mniejszy niż rzeczywista jego średnica (patrz rys. 3c).

W obwodach wielkiej częstotliwości rymi mamy do czynienia w korpusach (karkasach), jeżeli są one wykonane ze złego dielektryka. Ten rodzaj strat rośnie proporcjonalnie do 3 potęgi częstotliwości drgań wytwarzanych w obwodzie.

Na korpusy należy stosować materiały odporne na wilgoć, na ciepło oraz charakteryzujące się małymi stratami. Cewki używane w nadajnikach KF najczęściej są bez rdzeni proszkowych, czyli tzw. powietrzne. Obliczanie cewek powietrznych jest stosunkowo proste. Jeśli przyjmniemy, że w urządzeniach KF średnice cewek mieszczą się w granicach 30—35 mm, to wzór może mieć taką postać:

$$L = \frac{N^2 \cdot D}{118},$$

gdzie: L — indukcyjność w henrach (H), D — średnica cewki, 118 — współczynnik proporcjonalności.

Ze względu na wspomniany już efekt naskórkowości, pożądane jest wykonywanie uzwojeń z drutu o średnicy 0,8—1,2 mm. W radionadajniku amatorskim, zgodnie ze schematem (rys. 4; nr 10 „MT”) mamy zastosowane zwojnice o różnej konstrukcji. Cewka  $L_4$ , która jest włączona do antenowego obwodu rezonansowego, ma większy korpus, zaś zwojnice  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ , pełniące rolę dławików w.c.z., są nawinięte na korpusach o mniejszej średnicy, cieńszym drutem. Cewka  $L_4$  spełnia podstawowe zadanie i jej wykonanie wymaga szczególnej staranności. Uzwojenie jej liczy 32 zwoje, jest nawinięte na korpusie izolacyjnym o średnicy 37 mm. Do tego celu można użyć drutu o średnicy 0,8 mm w emalii. Długość uzwojenia (L) (patrz rys. 3), powinna wynosić 38 mm. Wynika to stąd, że należy uzwojenie wykonać tak, aby pomiędzy sąsiednimi zwojami była zachowana przeciętna odległość 0,5 mm. Rozsuniecie zwojów ma wpływ na zmniejszenie skądliwej pojemności zwojnicy. (W przypadku zastosowania dla zwojnicy korpusu o innej średnicy można przeprowadzić obliczenia korzystając z przytoczonego wcześniej wzoru).

Uzwajanie cewki  $L_4$  trzeba wykonać drutem emaliowanym w dobrym stanie, a przy nawijaniu naciągać drut możliwie mocno. W tym celu jeden koniec drutu należy zamocować w imadle. Po

zakonczeniu uzawajania konice przewodu starannie lutujemy do koncowek lutowniczych zamontowanych na korpusie. Cewka  $L_4$  zostala nawinieta na korpusie wykonanym ze szkla organicznego (pleksiglasu).

Pozostale zwojnice:  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  (dlawiki) mozna nawinac na korpusach o srednicy 15–16 mm. z rurek z PCW lub z innego materialu izolacyjnego, gdyz nie musza one wykazywac wysokiej jakosci dielektrycznej. Dobrym materialem do tego celu moga byc rurki ceramiczne od uszkodzonych opornikow wiekszej mocy. Odpowiednim drutem do wykonania dlawikow bedzie przewod izolowany, w emalii i bawelnie, grubosc drutu 0,2 do 0,25 mm, ilosc zwojow 340 (tolerancja do 10%).

Kolejnym zagadnieniem teoretycznym wymagajacym wstepnego wyjasnienia jest stabilizacja zasilania. Stabilizacja napiec zasilajacych jest wazna przede wszystkim w obwodach zasilania generatorow (napiecie anodowe i siatek oslonowych). Chodzi tu o to, aby pomimo wahań napiecia sieci oraz zmian obciazenia, w układzie nadajnika utrzymac stale napiecia. Najprostszym sposobem jest stabilizacja jonowa z pojedyncza lampą neonową.

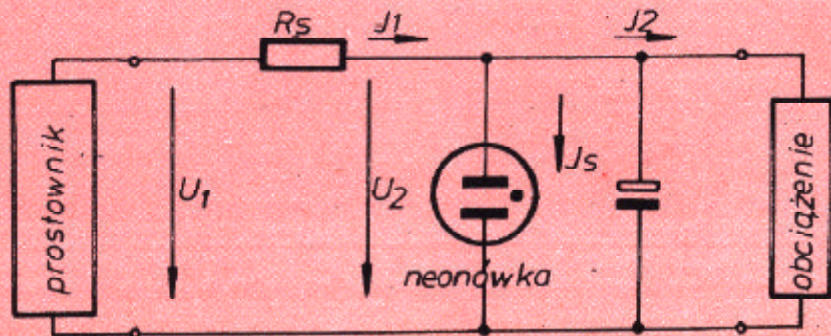
Prace układu z neonówką wyjaśnia schemat pokazany na rys. 4. Dopuszczalny prąd płynący przez neonówkę stabilizacyjną zależy od wielkości jej elektrod.

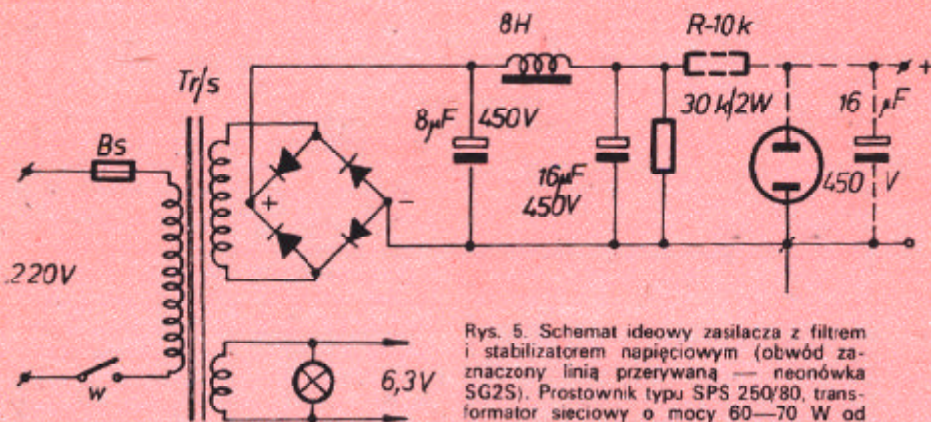
Jak widać, lampa neonowa jest włączona do źródła zasilającego o napięciu  $U_1$ , wyższym od napięcia stabilizatora  $U_2$ , przez rezystor  $R_s$  ograniczający prąd stabilizatora do maksymalnej dopuszczalnej wartości. Zrozumiałe jest, że napięcie zasilacza (źródła) powinno być zawsze wyższe od napięcia stabilizowanego przynajmniej o 50%.

Układ stabilizacyjny działa w następujący sposób: gdy obciążenie jest minimalne, to przez neonówkę przepływa prąd największy, a gdy wzrasta pobór prądu (obciążenie), wówczas wartość tego prądu maleje, efekt jest taki, że suma prądu płynącego przez rezystor  $R_s$  pozostaje stała, co umożliwia podtrzymanie na wyjściu obwodu stabilizacyjnego stałej wartości napięcia charakterystycznej dla danej neonówki. W przypadku dalszego zwiększenia poboru prądu zwiększy się spadek napięcia na rezystorze  $R_s$ , a przez to zmniejszy się napięcie na elektrodach neonówki do wartości, przy której ona gaśnie, i efekt stabilizacyjny zostanie przerwany. Podobnie przebiega proces stabilizacji, gdy obciążenie jest stałe, a zmienia się napięcie źródła.

Można więc powiedzieć, że charakterystyka robocza neonówki ograniczona jest z jednej strony maksymalnym dopuszczalnym prądem, z drugiej zaś

Rys. 4. Zasadniczy układ stabilizacyjny z neonówką





Rys. 5. Schemat ideowy zasilacza z filtrem i stabilizatorem napięciowym (obwód zaznaczony linią przerywaną — neonówka SG2S). Prostownik typu SPS 250/80, transformator sieciowy o mocy 60—70 W od urządzeń lampowych

określonym prądem minimalnym jarzenia lampy. W układach stabilizacyjnych bywają stosowane wieloelektrodowe lampy stabilizujące, tzw. stabilizowoly (np. typu STV 280/40), można za pomocą nich uzyskać kilka stabilizowanych napięć.

Największą skuteczność stabilizacji zapewniają układy elektronowe, w których zastosowane są zarówno lampy, jak i neonówki stabilizacyjne.

W naszym układzie zasilacza ograniczamy się do prostszego rozwiązania z jednostopniową stabilizacją (rys. 5).

Oczywiście, nie wykluczamy też należytej pracy nadajnika, gdy będzie zasilany prądem anodowym bez stabilizacji napięciowej.

W omawianym układzie zasilacza można zastosować transformator sieciowy o mocy około 60—70 W (np. do urządzeń lampowych: odbiorników, wzmacniaczy czy magnetofonów), a gdyby zaistniała potrzeba zaprojektowania uzwojeń, to radzimy sięgnąć do literatury radioamatorskiej. Jako prostownik mostkowy może być wykorzystany stos selenowy typu SPS 250/80 lub zestaw

diod krzemowych. W filtrze zastosowano dławik z rdzeniem żelaznym, o indukcyjności około 8 H (uzwojenie trzeba nawinąć drutem o średnicy przynajmniej 0,25 mm). Rezystor zabezpieczający 30 kΩ powinien mieć moc nie mniejszą niż 2 W (można zestawzić go z kilku równolegle połączonych rezystorów o odpowiedniej wartości).

Przechodzimy teraz do zagadnień konstrukcyjnych związanych z wykonaniem amatorskiego radionadajnika. Projektowanie rozmieszczenia części składowych najsluszniej jest przeprowadzać po zgromadzeniu całego zestawu.

Przystępując do budowy nadajnika można wybrać jedną z proponowanych wersji konstrukcyjnych — oddzielnego zmontowania nadajnika lub połączenia członu nadajnika z blokiem zasilacza, montując je na wspólnym chassis.

Człon generatora wraz z elementami regulacyjnymi zmontowany został obok czołowej płyty wykonanej z aluminium.

Na zewnętrznej stronie płyty czołowej zamontowano miliamperomierz (wskaznik), oski kondensatorów  $C_5$  i  $C_6$ , wyłącznik i oprawkę do żarówki kon-

trojnej. Płyta czołowa została przynitowana do podstawy montażowej (tzw. chassis), na której zamontowano układ prostowniczy i stabilizacyjny. Element prostowniczy w postaci stosu selenowego jest umieszczony od spodu podstawy, a transformator sieciowy wraz z kondensatorami elektrolitycznymi na górnej powierzchni chassis.

Zasadnicze czynności montażowe trzeba przeprowadzić w dwóch etapach: — mechaniczna obróbka podstawy (wykonanie otworów itp., zamocowanie części), a następnie — montaż elektryczny połączeń.

Jakość wykonania montażu elektrycznego decyduje o niezawodności pracy układu nadajnika, trzeba więc sprawdzać każdy punkt lutowniczy, a po kontroli pokryć go kroplą lakieru barwnego (np. do paznokci).

Zmontowana prawidłowo aparatura funkcjonuje od razu bez dodatkowych zabiegów regulacyjnych, albowiem częstotliwość generatora zostaje określona przez rezonator kwarcowy. Drugą zaletą układu naszego radionadajnika jest to, że może on pracować z systemem promieniującym dowolnego typu, chociaż najkorzystniejsze rezultaty osiąga się przy zastosowaniu anteny „pochyły promień”.

Podamy jeszcze kilka wskazówek dotyczących sprawdzenia układu i dostrojenia obwodu wyjściowego.

Zakładamy oczywiście, że zasilacz funkcjonuje i lampa generacyjna jest pod napięciem. W takiej sytuacji strojenie nadajnika jest proste i należy przeprowadzać je w następującej kolejności. Do właściwych zacisków nadajnika należy dołączyć antenę i uziemienie. Potem ustawiając kondensator na maksymalną pojemność, obserwujemy miliamperomierz i dążymy do uzyskania minimalnej wartości natężenia prądu anodowego, co wskazywałoby na dostrojenie obwodu wyjściowego do rezonansu z częstotliwością kwarcu.

Gdyby nie udało się uzyskać rezonansu, to należy nieco zmniejszyć pojemność  $C_6$  i stroić kondensatorem „zakresowym” —  $C_5$ . Z chwilą uzyskania rezonansu, dostrajamy nadajnik na maksymalne przekazywanie energii (mocy) do anteny nadawczej. W czasie dostrajania celowe jest włączenie do obwodu anteny szeregowo żaróweczki 6,3 V, 0,3 A, która spełni rolę wskaźnika dostrojenia wyjścia do anteny. Dalsze dostrajanie anteny polega na stopniowym zmniejszaniu pojemności kondensatora zmiennego  $C_5$ , tak, aby uzyskać maksymalne świecenie żaróweczki wskaźnikowej włączonej do obwodu anteny. Osiągnięcie prawidłowego dostrojenia obwodu wyjściowego ( $L_4$ ,  $C_5$ ) do częstotliwości podstawowej kwarcu pozwala osiągnąć prąd anodowy lampy (6P3) w granicach 35—40 mA.

Opisywany nadajnik radiotelegraficzny przy pracy na częstotliwości podstawowej zapewnia uzyskanie w anodowym obwodzie rezonansowym mocy rzędu 7 W.

Dla zabezpieczenia kwarcu przed przeciążeniem, celowe jest zwiększenie pojemności kondensatora  $C_2$  przez dołączenie równoległe uzupełniającego kondensatora stałego o pojemności 1—15 nF.

Spodziewamy się, że radioamatorzy krótkofalowcy pragnący używać opisanego nadajnika do pracy na fonii potrafią samodzielnie rozwiązać zagadnienie modulacji fali nośnej sygnałem na m.c.z. i uzyskać zadowalające rezultaty na naszym szkoleniowym zestawie radionadawczym.

Kończąc cykl artykułów pod hasłem: „Jak zostać krótkofalowcem”, przesyłamy wszystkim zainteresowanym poruszaną przez nas tematyką — krótkofalarskie „73” i życzymy w imieniu Redakcji i własnym dużo zadowolenia w twórczej pracy i dalszego doskonalenia swoich umiejętności oraz pogłębienia wiedzy z dziedziny łączności radiowej.

Mgr inż. Witold Kozak