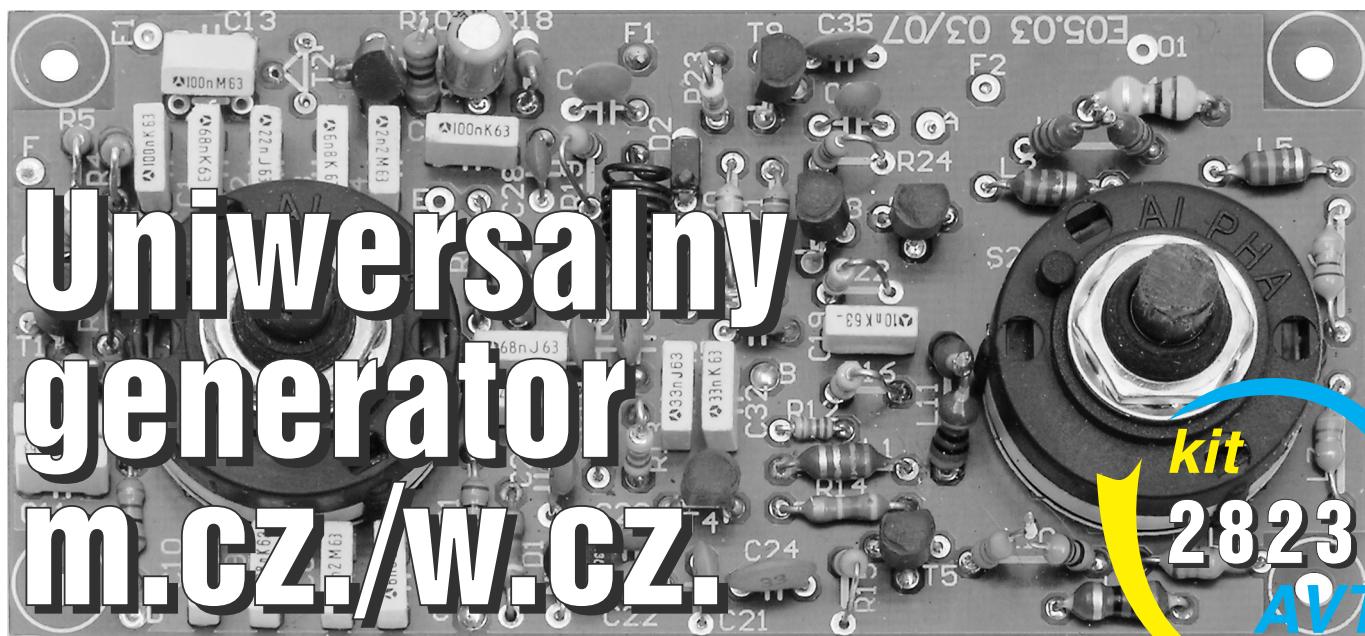




Do czego to służy?

Chyba nikt z elektroników nie ma wątpliwości, że generator pomiarowy o szerokim zakresie częstotliwości pracy jest bardzo użyteczny w pracowni konstrukcyjnej. Może on pełnić rolę testera, kiedy podaje się sygnał z jego wyjścia na wejście sprawdzanych innych urządzeń, takich jak wzmacniacze małej i wielkiej (pośredniej) częstotliwości. Jest bardzo użytecznym przyrządem przy uruchamianiu wszelkich konstrukcji radiowych (określaniu czułości układu czy pasma przenoszenia; charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej), w tym przy naprawie sprzętu nadawczoodbiorczego.

Oferty wielu firm specjalizujących się w sprzęcie pomiarowym zawierają bardzo bogatą gamę przeróżnych generatorów kontrolnopomiarowych. Wystarczy jednak zerknąć na ceny, by przekonać się, że nie są to układy na kieszeń amatora-elektronika. Do tej pory na łamach EdW, a także EP czy ŚR, było już kilka ciekawych opisów prostych generatorów. Ostatni z nich, z EdW 3/07, oparty o system DDS, był szczególnie ciekawy, ale niestety nie dla każdego (nie jest ani tani, ani łatwy w montażu, a także musi współpracować z komputerem). Z tego względu autor postanowił zbudować w miarę uniwersalny układ przeznaczony do najczęściej wykorzystywanych zakresów częstotliwości m.cz. i w.cz. Drugim założeniem było, aby użyć dostępnych elementów, w tym popularnych tranzystorów. Powstał układ dostarczający sygnał m.cz. i w.cz., w miarę potrzeby także z modulacją AM/FM. Oczywiście nikt nie powinien oczekiwać od tak prostego i taniego układu (który należy traktować raczej jako próbnik), aby dawał stałą amplitudę w całym zakresie czy bardzo stabilną częstotliwość pracy.

Jeżeli ktoś w swojej domowej pracowni

nie ma żadnego generatora, to warto uruchomić sobie taki układ w całości, a nawet tylko jedną z jego części (np. sam generator m.cz. lub jeden z w.cz.). Zawsze lepiej mieć takie – choćby niedoskonałe źródło sygnału m.cz./w.cz. – niż nie mieć nic i sprawdzać układy np. metodą „na palec”.

Jak to działa?

Cały schemat opisanego generatora pokazano na **rysunku 1**. W układzie można wyróżnić trzy bardzo podobne bloki funkcjonalne:

- generator małej częstotliwości o zakresie od 100Hz do 12kHz (na samym dole schematu);
- generator wysokiej częstotliwości KF o zakresie od 1,5MHz do 30MHz (środkowa część schematu);
- generator wysokiej częstotliwości UKF o zakresie uzależnionym od elementów LC, np. 80–110MHz (górna część schematu).

Generator m.cz.

Generator małej częstotliwości może oddać nieocenione usługi w przypadku sprawdzania torów małej częstotliwości, pomiaru charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych, strojenia filtrów m.cz., kontroli częstotliwości rezonansowej obwodów m.cz., sprawdzania słuchawek i głośników, a nawet... nauki alfabetu Morse’a. W literaturze można spotkać wiele opisów przeróżnych konstrukcji takich generatorów. Najważniejszą częścią opisywanego generatora m.cz. jest układ na tranzystorze T1, zapewniający w miarę sinusoidalny sygnał o częstotliwości uzależnionej od pętli łańcucha rezystorowo-pojemnościowego. Dodatnie sprzężenie zwrotne tego tranzystora (niezbędne do uzyskania drgań w każdym generatorze) jest tutaj zrealizowane przez przełączane układy RC. Częstotliwość jest zmieniana skokowo (za pośrednictwem dobranej

wartości kondensatorów przełączanych potrójnym przełącznikiem czteropozycyjnym) oraz płynnie (poprzez zastosowanie podwójnego potencjometru P1-10k/A).

Przy maksymalnej wartości potencjometru (10k) okres drgań $T_{max} = 0,168 \cdot C$, zaś przy potencjometrze ustawionym na zero (0k) $T_{min} = 0,045 \cdot C$; T [ms], C [nF].

Generator z podanymi na schemacie wartościami kondensatorów wytwarza następujące częstotliwości sygnałów sinusoidalnych (w nawiasie podano wartości kondensatorów w pętli sprzężenia zwrotnego):

- 1: 95-400Hz ($R+3 \times 68nF$);
- 2: 300-1200Hz ($R+3 \times 22nF$);
- 3: 0,9-4,0kHz ($R+3 \times 6,8nF$);
- 4: 3,0-12,8kHz ($R+3 \times 2,2nF$).

Na wyjściu układu w urządzeniu modelowym autor wykorzystał separator w postaci wtórnika emiterowego z tranzystorem T3. Amplitudę sygnału wyjściowego m.cz. można zmieniać w zakresie 0–2V za pomocą potencjometru 1kΩ. Występujący na schemacie wzmacniacz z tranzystorem T2 pełni rolę ogranicznika sygnału dostarczając do wtórnika sygnał prostokątny. Jeżeli komuś zależy na sygnale prostokątnym, powinien wmontować elementy dokładnie jak na schemacie. Chcąc mieć w miarę czystą sinusoidę, należy pominąć tranzystor T2 i rezystor R9 polaryzacji bazy, a następnie z rezystorów R10 i R4 zrobić układ polaryzacji bazy tranzystora T3 (dzielnik napięcia 1:2). Praktycznie wygląda to w ten sposób (tak jest w modelu), że rezystory R10 i R4 mają jednakową rezystancję (wartości z zakresu 10–15kΩ), zaś nóżki po usuniętym tranzystorze (B-E-C) są zlutowane ze sobą za pomocą kawałka drutu.

Oczywiście można wymyślić lepszy sposób na przełączanie sinusoida – prostokąt, ale każdy może wykazać się tutaj inwencją twórczą.

Generator w.cz. KF

Generator wysokiej częstotliwości KF może być wykorzystywany w pracowni radioamatora (krótkofalowca) chyba nawet częściej niż generator m.cz. Przydaje się przy wszelkich naprawach oraz strojeniach odbiorników i urządzeń w.cz., a więc do sprawdzania torów w.cz. i p.cz., pomiaru charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych, strojenia filtrów w.cz., kontroli częstotliwości rezonansowej obwodów w.cz., a także jako mały nadajnik QRPP. Podobnie jak generatory m.cz., tak samo generatory w.cz. są często opisywane w literaturze. Problem tylko w tym, że nie wszystkie z nich mogą pracować szerokopasmowo i często są wykonywane na podzespołach nieosiągalnych w kraju.

Przedstawiony w środkowej części rysunku generator w.cz. pracuje w układzie zbliżonym do Colpitsa, który – pomimo swojej prostoty – pracuje w szerokim zakresie całych fal krótkich (160m do 10m) i daje na wyjściu sygnał sinusoidalny o regulowanej amplitudzie 0–1V. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że uproszczona do niezbędnego minimum konstrukcja generatora nie może być porównywalna do profesjonalnych, bardzo drogich urządzeń, pracujących z rozbudowanymi układami wyposażonymi m.in. w pętlę stabilizacji częstotliwości oraz automatyczny układ regulacji poziomu sygnału wyjściowego.

Częstotliwość pracy generatora jest uzależniona od obwodu rezonansowego LC, zgodnie ze wzorem $f = 1/2\pi \sqrt{LC}$.

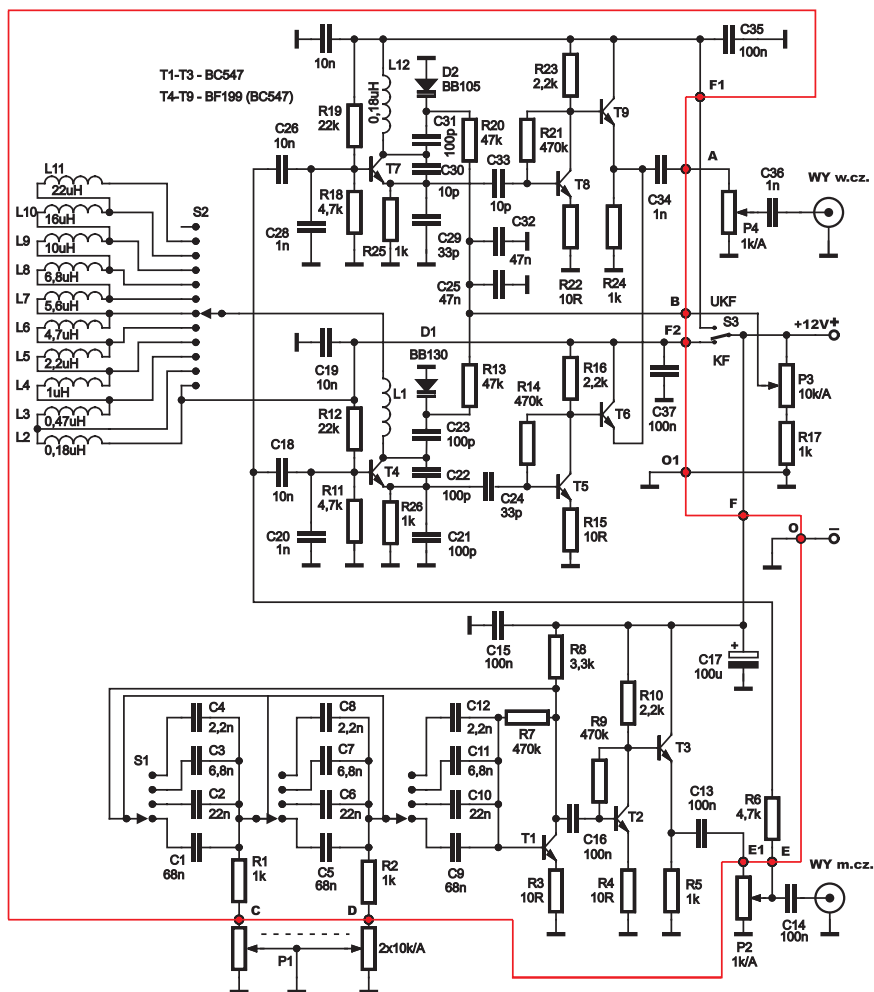
Indukcyjność L generatora składa się z jedenastu dobranych cewek oznaczonych symbolami L1... L11. Do strojenia wykorzystano diodę pojemnościową AM typu BB130, ale z dobrym rezultatem można użyć także kondensatora odbiorczego AM (np. ELTRA z zakresem UKF na wyższych zakresach, a na niższych z równoległe połączonymi sekcjami AM; dzięki dodatkowemu przełącznikowi będzie można uzyskać szerszy zakres pracy, bo obejmujący nawet częstotliwości 455kHz).

Jak już podano, zakres pracy generatora zależy od wypadkowej indukcyjności cewek.

Podzakresy generatora (uzyskane w układzie modelowym) i załączone cewki w praktyce wyglądają następująco:

- 1: 1,49–1,74MHz (L1+L2+...+L11)
- 2: 1,75–2,09MHz (L1+L2+...+L10)
- 3: 2,07–2,59MHz (L1+L2+...+L9)
- 4: 2,47–3,20MHz (L1+L2+...+L8)
- 5: 3,02–4,03MHz (L1+L2+...+L7)
- 6: 3,93–5,32MHz (L1+L2+...+L6)
- 7: 5,47–7,20MHz (L1+L2+...+L5)
- 8: 6,5–10,80MHz (L1+L2+...+L4)
- 9: 10,5–15,58MHz (L1+L2+L3)
- 10: 14,28–21,40MHz (L1+L2)
- 11: 19,25–30,01MHz (L1)

Wraz ze wzrostem częstotliwości indukcyjność jest zmniejszana przez odłączanie niewykorzystanych cewek. Na najwyższym zakresie pracuje tylko cewka L1, o najniższej



Rys. 1 Schemat ideowy

wartości indukcyjności, jaką autor znalazł na rynku. Na diodę pojemnościową napięcie jest podawane z suwaka potencjometru P3. Przy maksymalnym napięciu zasilania 12V (dioda pojemnościowa ma minimalną pojemność rzędu kilku pF) generator pracuje na maksymalnej częstotliwości, zaś przy suwaku bliskim masy dioda ma większą pojemność i częstotliwość jest niższa.

Chcąc mieć dodatkową możliwość precyzyjnego ustalenia częstotliwości, należy zastosować dodatkowy potencjometr (tzw. RIT), włączony w szereg z P3. Zakres zmian wartości częstotliwości zależy od podzakresu. Na najniższych częstotliwościach zakres zmian częstotliwości tym potencjometrem jest niewielki i wynosi około 250kHz, zaś na wyższych zakresach jest odpowiednio większy i pod koniec wynosi ponad 10MHz. Na wyjściu generatora znajduje się wzmacniacz na tranzystorze T5, a następnie wtórnik emiterowy z tranzystorem T6. Potencjometr P4 służy do regulacji amplitudy sygnału wyjściowego w.cz. Jest to najprostsze rozwiązanie (w warunkach amatorskich wystarczające), choć lepiej byłoby zastosować przełączany tłumik dekadowy. Na bazę tranzystora T4 można podać poprzez rezystor R6 sygnał

z generatora małej częstotliwości, co spowoduje modulację sygnału w.cz. (ze względu na prostotę rozwiązania uzyskuje się zarówno modulację AM, jak i FM). W przypadku ustawienia suwaka potencjometru P2 do masy, sygnał nie jest podawany na bazę, a na wyjściu w.cz. jest czysta sinusoida.

Generator w.cz. UKF

Generator wysokiej częstotliwości UKF może być wykorzystywany podobnie jak poprzedni układ przy wszelkich naprawach oraz strojeniach radiodbiorników, z tym że z zakresem UKF-FM.

Przedstawiony w górnej części rysunku generator w.cz. pracuje również w układzie Colpitsa, a w zależności od dobranych elementów LC, może pokrywać zakresy 60–80MHz czy 80–110MHz, a nawet do 150MHz. Wszystko zależy głównie od liczby zwojów cewki L12. Do strojenia wykorzystano diodę pojemnościową typu BB105 (przy równoległym połączeniu dwóch takich samych diod można uzyskać szerszy zakres pracy). Na wyjściu generatora znajduje się wzmacniacz na tranzystorze T8, a następnie wtórnik emiterowy z tranzystorem T9. Na bazę tranzystora T7 można podać poprzez

rezystor R6 sygnał z generatora małej częstotliwości, co spowoduje modulację sygnału wyjściowego w.cz. Potencjometrem P2 ustawia się optymalny poziom dewiacji sygnału FM. Potencjometr P4 identycznie jak w poprzednim układzie służy do regulacji amplitudy sygnału wyjściowego w.cz. Przełącznikiem S3 służącym do podawania napięcia zasilania można włączać generator KF lub UKF (w zależności od potrzeby).

Cały układ generatora jest zasilany zewnętrznym napięciem stabilizowanym 12V.

Montaż i uruchomienie

Zasadniczy układ generatora można zmontować na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 110x52mm (górna warstwa stanowi masę i jednocześnie ekran w.cz.). Sposób rozmieszczenia elementów na płytce pokazano na **rysunku 2** (potencjometry oraz przełącznik KF/UKF znajdują się na zewnątrz płytki). Układy należy montować po kolei i sukcesywnie uruchamiając poszczególne stopnie (wybór według uznania, ale trzeba montować elementy wchodzące w skład danego bloku).

Przed wlutowaniem przełączników obrotowych wskazane jest sprawdzenie omomierzem rezystancji połączeń styków oraz właściwego ustawienia na płytce (wcześniej należy ustawić pierścień ograniczający pod nakrętką z podkładką na osi przełącznika).

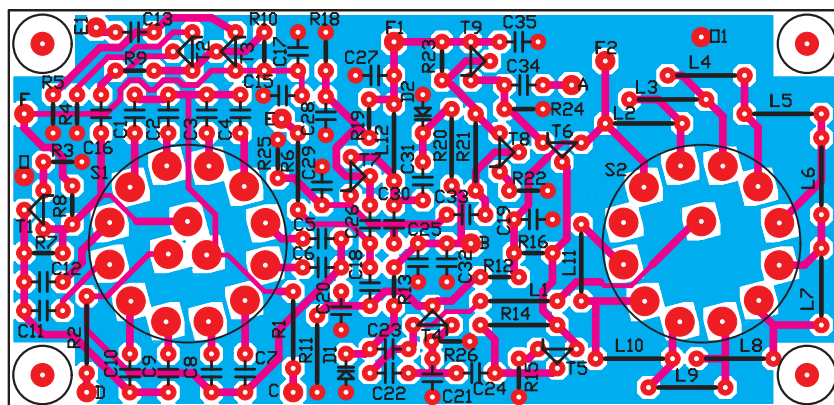
Sygnały m.cz. i w.cz. najlepiej jest oglądać na ekranie oscyloskopu i ew. korygować wartości rezystorów we wzmacniaczach na najmniejsze zniekształcenia sygnału wyjściowego.

Warto wiedzieć, że duży wpływ na kształt sygnału mają rezystory R3, R4 oraz R15 i R22 (im większa ich wartość, tym lepsza sinusoida, lecz mniejsza amplituda sygnału wyjściowego).

Jako cewki generatorów mogą być wykorzystane łatwo dostępne fabryczne dławiki wyglądem przypominające rezystory. Te o najmniejszych wartościach można wykonać własnoręcznie przez nawinięcie kilku zwojów drutu np. DNE 0,7 na wiertle o średnicy 5mm. W ten sposób należy postąpić z cewką generatora UKF, bowiem od liczby zwojów L12 zależy zakres pracy tego układu.

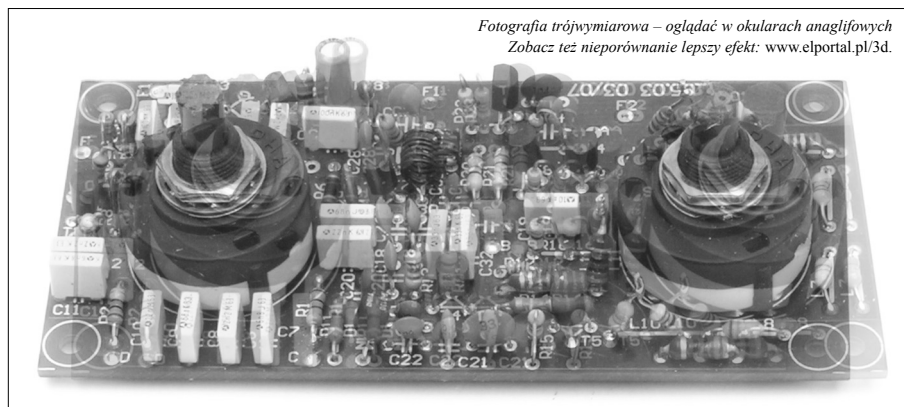
Do określania częstotliwości wyjściowej generatora najlepiej wykorzystać cyfrowy miernik częstotliwości 1Hz – 100MHz (np. najnowsza wersja kitu AVT 3003).

Warto dodać, że chcąc uzyskać większą separację sygnału wyjściowego (wyeliminować wpływ obciążenia na częstotliwość sygnału wyjściowego), a co najważniejsze – uzyskać znormalizowaną impedancję 50Ω – można pokusić się o dolutowanie na wyjściu układu scalonego z serii MAR. Układy te charakteryzują się wzmocnieniem od 13dB do 30dB i mocą wyjściową do 40mW (+16dBm). Współczynnik szumów zawiera się pomiędzy 3,5dB



Rys. 2 Schemat montażowy

Fot. 1



Fotografia trójwymiarowa – oglądać w okularach anaglifowych
Zobacz też nieporównanie lepszy efekt: www.elportal.pl/3d.

a 7dB. Są to bardzo proste układy, niewymagające wielu elementów zewnętrznych. Wyprowadzone są tylko: wejście w.cz., wyjście w.cz. i dwie końcówki masy. Użycie dwóch wyprowadzeń masy usprawnia uziemienie, zmniejszając jego całkowitą indukcyjność.

Zasilanie napięciem stałym jest doprowadzane przez obwód zewnętrzny i końcówkę wyjścia.

Wyprowadzenie 1 jest oznaczone kolorową kropką i jest skośnie zakończone (gdy pa-

trzymy z góry, wyprowadzenia są numerowane w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, zaczynając od oznaczonego).

Niebagatelną zaletą układu MAR jest wewnętrzne dopasowanie do obciążenia 50Ω, niewymagające zewnętrznych układów dopasowujących. Jest to bardzo wygodne do wszelkich zastosowań w.cz., bowiem większość sprzętu radiokomunikacyjnego charakteryzuje się właśnie impedancją we/wy 50Ω.

Wykaz elementów

Rezystory	C2, C6, C10	22nF	T4-T9	BF199 (BC547...)
R1, R2, R5, R17, R24-R26	C3, C7, C11	6,8nF	Pozostałe	
R3, R4, R15, R22	C4, C8, C12	2,2nF	L1, L2, L12	0,18μH
R6, R11, R18	C13-C16, C35, C37	100nF	L3	0,47μH (0,18μH+0,18μH)
R7, R9, R14, R21	C17	100μF/16V	L4	1μH
R8	C18, C26, C19, C27	10nF	L5	2,2μH
R10, R16, R23	C20, C28, C34, C36	1nF	L6	4,7μH
R12, R19	C21-C23, C31	100pF	L7	5,6μH
R13, R20	C24, C29	33pF	L8	6,8μH
P1	C25, C32	47nF	L9	10μH
P2, P4	C30, C33	10pF	L10	16μH (10μH+5,6μH)
P3	Półprzewodniki		L11	22μH
Kondensatory	D1	BB130	S1	Przełącznik obrotowy 3x4
C1, C5, C9	D2	BB105	S2	Przełącznik obrotowy 1x12
	T1-T3	BC547	S3	Przełącznik 1x2

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2823.

W każdym razie po upewnieniu się, że wszystkie generatory w układzie pracują prawidłowo można przystąpić do montażu mechanicznego w obudowie (najlepiej metalowej i dość wysokiej, aby pomieściła niezbędne elementy regulacyjne). Na płycie czołowej powinny znajdować się przełączniki zakresów oraz potencjometry strojenia i amplitudy sygnałów m.cz./w.cz. zaś na tylnej gniazda wyjściowe i zasilania.

Płytką montażowa z racji umocowania przełączników m.cz/w.cz. powinna znajdo-

wać się zaraz za płytą czołową (w zasadzie wystarczy jak przykręci się ją za pośrednictwem nakrętek na przełącznikach). Wskazane jest aby z lewej strony na płycie czołowej, pod przełącznikiem S1 (zmiana zakresu m. cz.) znajdował się potencjometr P2 a obok niego gniazdo WY m.cz. (P1 – potencjometr strojenia m. cz. można umieścić nad S1). Z prawej strony na płycie czołowej, pod przełącznikiem S2 (zmiana zakresu w.cz.) znajdował się potencjometr P4 a obok niego gniazdo WY w.cz. (P3 – potencjometr strojenia w.cz.

można umieścić nad S1). Przełącznik S3 może znajdować się pomiędzy P1 a P3.

Na wypadkową stabilność częstotliwości generatora, oprócz stabilizowanego napięcia zasilania, ma wpływ stabilność mechaniczna potencjometrów lub kondensatora zmiennego (luzy na przekładniach zębatych), a także drgania obudowy, szczególnie na najwyższych zakresach UKF.

Andrzej Janeczek