

Dział "Projekty Czytelników" zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany.** Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

# Radiowy wzorzec częstotliwości

Projekt  
075

Cyfrowy pomiar częstotliwości jest w środowisku radioamatorów dość powszechnie wykonywany, zarówno za pomocą różnych przyrządów fabrycznych, produkcji rzemieślniczej, jak i budowanych samodzielnie. Poszczególne mierniki różnią się liczbą wyświetlanych cyfr, zakresem pomiarowym, czułością i dokładnością pomiaru. O ile dokładnie można policzyć pieniądze, to pomiar częstotliwości czy czasu, jak i innych wielkości fizycznych, jest zawsze wykonywany z jakimś błędem, którego wartość zależy od dokładności posiadanego wzorca.

Jeden z możliwych układów generujących sygnały o częstotliwości wzorcowej przedstawiamy w artykule.

Pomiar częstotliwości metodą licznikową polega na zliczaniu liczby impulsów mierzonego sygnału w jednostce czasu. Podstawę czasu częstościomierzy („bramkę czasową“) otrzymuje się z podziału częstotliwości ich generatora wzorcowego pracującego na ogół w przedziale od 1 do 5MHz.

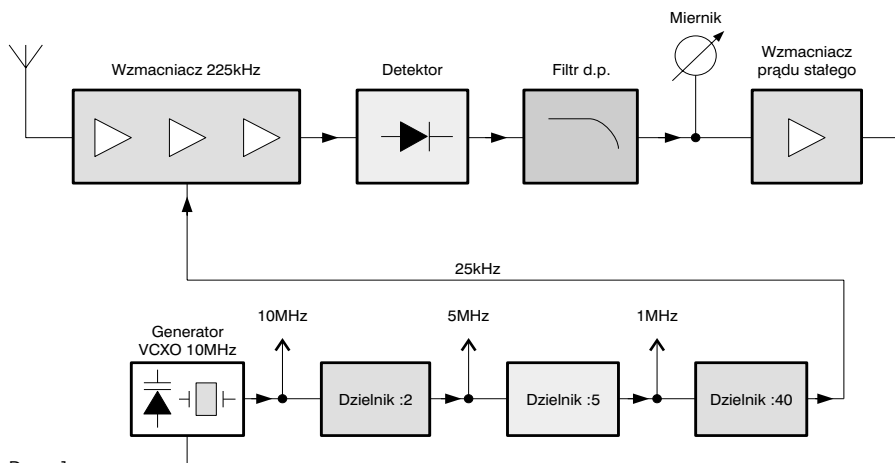
W częstościomierzach występują dwa rodzaje generatorów. Pierwszy, to „zwykle“ generatory kwarcowe, do których można zaliczyć także generatory zintegrowane, oraz drugi - generatory kwarcowe umieszczone w termostacie. Ustalanie się częstotliwości „zwykłego“ generatora kwarcowego po jego włączeniu przebiega bardzo długo, ponieważ jego częstotliwość nie

zależy tylko od samego rezonatora kwarcowego, lecz także od elementów jego obwodu. Jak zawsze czynnikiem powodującym dryft częstotliwości jest temperatura wywołująca zmianę parametrów elementu czynnego ( tranzystora), rezonatora kwarcowego i pojemności kondensatorów koniecznych do jego wzbudzenia. Te zmiany w różnych elementach nie przebiegają równomiernie w czasie. W pierwszej fazie następuje grzanie elementów obwodu prądem w.c.z., a następnie wskutek przyrostu temperatury otoczenia (wnętrza miernika). Przebieg zmian

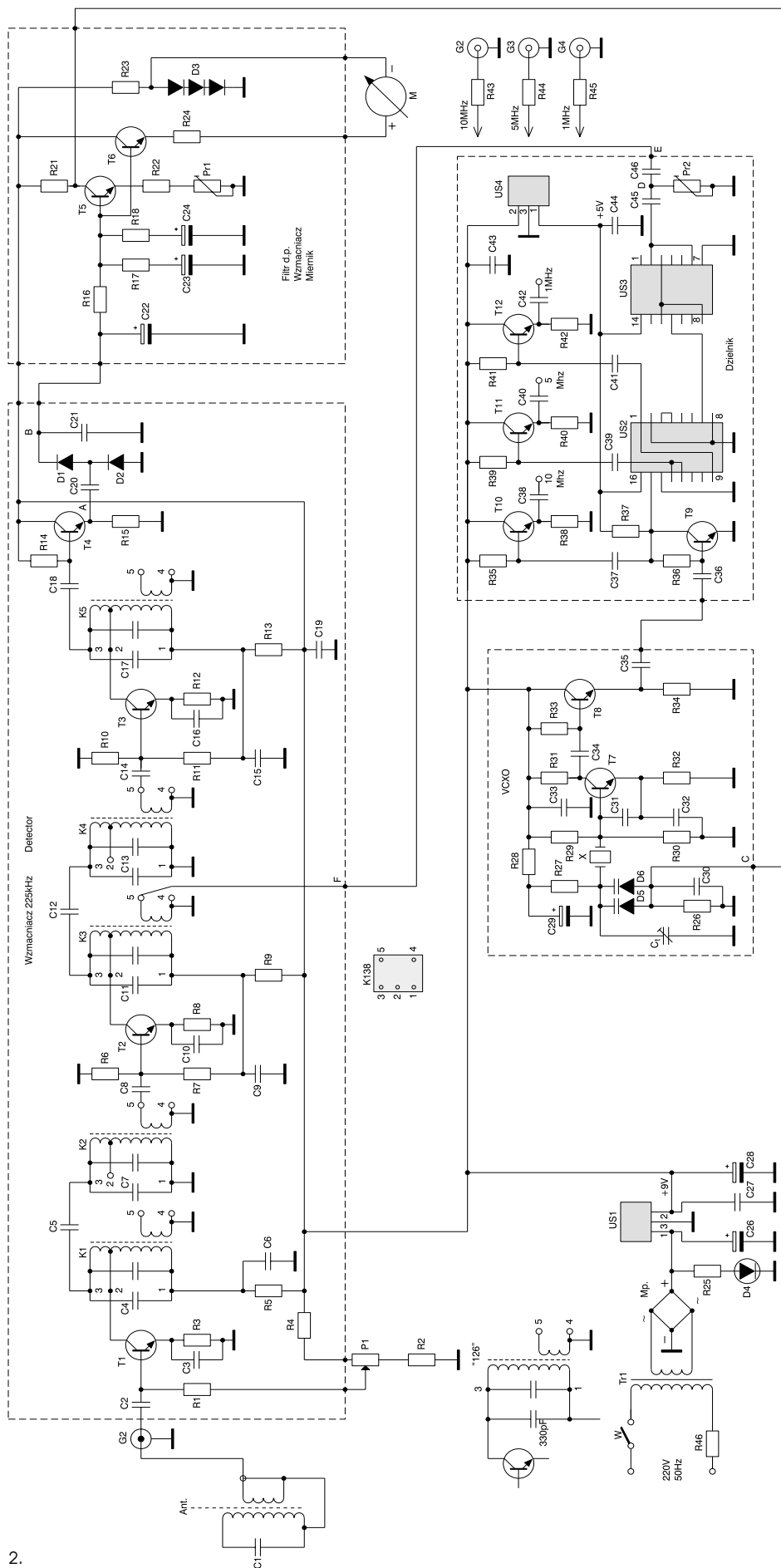
pojemności kondensatorów zależy od ich współczynników termicznych, a także od ich masy (gabarytów). Z tego powodu wyposażenie takiego miernika w wyświetlacz większy niż sześciocyfrowy można porównać np. do miary krańcowej z dorysowanymi cechami 0,1 i 0,01mm. Niemniej spotkałem częstościomierz z dziewięciocyfrowym wyświetlaczem i zakresem pomiarowym do 500MHz wyposażony w prosty, zintegrowany generator kwarcowy.

Mierniki częstotliwości z wzorcem umieszczonym w termostacie, jak np. z serii PFL-20, wyposażone w wyświetlacz ośmiocyfrowy zapewniają dokładność o dwa rzędy lepszą od zwykłych generatorów kwarcowych, jednakże wymagają one około 20 do 30 minut grzania przed rozpoczęciem pomiarów, dla ustalenia założonej dokładności.

Usiłując w połowie lat 70. zbudować stabilny generator w termostacie musiałem porównywać otrzymane rezultaty z odpowiednio dobrym wzorcem. Jedynym dostępnym w domu sygnałem wzorcowym był sygnał fali nośnej nadajnika programu I Polskiego Radia o częstotliwości



Rys. 1.



Rys. 2.

227kHz. W celu umożliwienia porównywania częstotliwości budowanego generatora (1000,000kHz) z częstotliwością 227kHz nadajnika, podzieliłem jego sygnał do wartości 1kHz, a następnie sprzęgnąłem go z wejściem małego odbiornika tranzystorowego nastrojonego na program I. Na wyjściu odbiornika otrzymałem zdudniony sygnał programu I z 227. harmoniczną badanego generatora zmodulowaną częstotliwością 1kHz (harmoniczne 225, 226, 228, 229), który można było słyszeć i mierzyć miliwoltomierzem. Stosunkowo mała częstotliwość nadajnika w miarę korygowania częstotliwości badanego generatora wymagała coraz dłuższego okresu dudnień, których obserwacja przez kilkudziesiąt sekund bardzo utrudniała pracę.

Wpatrując się w miernik w oczekiwaniu na kolejne dudnienie wpadłem na pomysł wykorzystania składowej dudnień do samoczynnej korekcji częstotliwości mojego generatora. Po wyprostowaniu i odfiltrowaniu sygnału dudnień m.c.z. (1kHz), otrzymane stałe napięcie doprowadziłem do diody pojemnościowej włączanej w obwód rezonatora kwarcowego, otrzymując generator kwarcowy przestrajany napięciem (VCXO). Dobierając odpowiednio stosunki sygnałów otrzymałem samoczynną synchronizację generatora z częstotliwością nadajnika Warszawy I. Ponieważ zdudnianie częstotliwości nastąpiło na wejściu odbiornika, jego heterodyna nie miała wpływu na dokładność porównywanych częstotliwości. Jednak wykorzystując płytkę niekompletnego odbiornika tranzystorowego usunąłem z niego obwód heterodyny, a obwody p.c.z. przestroiliłem na 227kHz dodając do nich kondensatory o odpowiedniej pojemności. W ten sposób otrzymałem odbiornik o bezpośrednim wzmacnieniu. Antena ferrytowa była oczywiście również dostrojona do 227kHz. Tak wykonany wzorzec częstotliwości 1MHz wykorzystywałem do zbudowanego wcześniej sześciocyfrowego częstotliwościomierza, rezygnując z budowy termostatu. Ze względu na niewielki pobór mocy całego układu, w okresie intensywnie wykonywanych pomiarów był on łączony całodobowo, a sam licznik załączałem tylko na czas wykonywania pomiarów. W pierwszym rozwiązaniu jedynym czynnikiem destrukcyj-

nym, zrywającym sporadycznie na krótki moment synchronizację, była modulacja nadajnika, lecz tylko w momentach jego głębokiego zmodulowania sygnałem o bardzo małej częstotliwości, co nie występowało zbyt często.

Jak wszystkie prowizorki, tak i ten układ pracował przez kilkanaście lat, zanim zbudowałem następny, jeszcze z wykorzystaniem częstotliwości harmonicznej 1kHz, lecz już bez wzmacniacza m.cz. po detektorze odbiornika. Dodatkowo dodałem dwa powielacze (x5 i x2) otrzymując częstotliwości wzorcowe 5,0 i 10,0MHz. Po zmianie częstotliwości nośnej nadajnika Warszawy I na 225kHz, do zdudnienia można wykorzystać harmoniczne częstotliwości 5 lub 25kHz uzyskując niemodulowany sygnał dudnień, co wcześniej nie było możliwe.

Korzystając z generatora 18MHz, po podziale przez 40x2 można otrzymać symetryczny sygnał o częstotliwości 225kHz, a po podziale przez 9x2 - 1MHz. Jednak obecność silnego sygnału 225kHz na wyjściu dzielnika wewnątrz małej obudowy wzorca może utrudnić dobór jego poziomu do zdudnienia ze słabym sygnałem nadajnika. W rezultacie najkorzystniejsze wydaje się rozwiązanie z generatorem 10MHz, z którego otrzymuje się przez prosty podział sygnały o częstotliwości wzorcowej: 5MHz i 1MHz oraz o częstotliwości 25kHz do zdudnienia z sygnałem o częstotliwości 225kHz (25x9=225).

Schemat blokowy takiego układu znajduje się na rys. 1.

Na rys. 2 przedstawiono schemat ideowy ostatniej wersji opisywanego radiowego wzorca częstotliwości. Całe urządzenie mieści się swobodnie w aluminiowej obudowie o wymiarach 130x150x50mm. Poszczególne zespoły są zmontowane na płytkach drukowanych z jednostronnego laminatu, umocowanych pionowo za pomocą małych kątowniczek do podtawy obudowy. Takie rozwiązanie pozwalało na eksperymentowanie z różnymi generatorami i dzielnikami. Również taka modułowa budowa nowego urządzenia jest łatwiejsza, ponieważ każdy jego blok stanowi oddzielną całość. Nie jest to urządzenie z rodzaju tych, które działają „po pierwszym włączeniu”, jednak myślę, że jego zbudowanie nie nastreczy wiele trudności, a osiągnięty wynik przy niezbyt wy-

sokim koszcie usatysfakcjonuje konstruktora.

Do jego uruchomienia oprócz miernika uniwersalnego i częstociomierza cyfrowego, dla którego ten wzorec będzie budowany, pomocny jest oscyloskop. Nie podaję rysunku płytek, lecz schemat ideowy jest narysowany w taki sposób, że wystarczy go przenieść na płytki uwzględniając wymiary elementów i rzystaw ich wyprowadzeń, przy niewielkiej liczbie mostków. Wyprowadzenia i połączenia układów scalonych dzielników US2 i US3 są już też narysowane na rys. 2 w wersji montażowej (widok od strony druku).

### Budowa wzorca

Wzmacniacz (odbiornik) sygnału nadajnika 225kHz z detektorem jest montowany na płytce o wymiarach 120x40mm. Jego elementy są rozmieszczone kolejno tak, jak narysowano na schemacie ideowym, aby jego wyjście znajdowało się daleko od wejścia (możliwość wzbudzenia) a całą niewykorzystaną na połączenia powierzchnię płytki należy pozostawić niewytrawioną (masa). Potencjometrem P1, umieszczonym na płycie czołowej obudowy, reguluje się wzmocnienie sygnału nadajnika, który w różnych regionach Polski będzie miał różne natężenie. W pobliżu nadajnika, przy silnym sygnale, trzeba będzie zmniejszyć wartość rezystora R6 lub nawet pominąć stopień wzmocnienia z tranzystorem Tr2 łącząc ze sobą wyprowadzenia „3” kubków K2 i K3 kondensatorem 15pF. Ideальnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie filtru kwarcowego 225kHz, jak w opisie [1], przepuszczającym tylko falę nośną nadajnika. W tym wykonaniu zastosowałem pięć obwodów rezonansowych p.cz. 465kHz w kubkach 7x7mm (filtr 138), z równoległymi dodatkowymi kondensatorami o pojemności 330pF. Mogą też być użyte filtry 126 włączone tak jak narysowano na schemacie z boku. Ponieważ filtry te posiadają bardzo delikatne rdzenie wkręcane i łatwo ulegające uszkodzeniu, radzę kupić o dwa więcej. Jako antenę odbiorczą zastosowałem antenę ferrytową odbiornika tranzystorowego z dobranym kondensatorem stałym i dostrajaną przez przesuwanie cewki w pobliżu końca rdzenia.

Zmontowaną płytkę wzmacniacza najłatwiej jest wstępnie zestroić za pomocą

generatora sygnałowego na maksimum sygnału na wyjściu wzmacniacza w punkcie A (oscyloskop) lub w punkcie B (analogowy woltomierz prądu stałego), a po zmontowaniu generatora i dzielników częstotliwości wykorzystując harmoniczną sygnału 25kHz. Amator posiadający wyłącznie uniwersalny miernik cyfrowy może wykorzystać do strojenia miernik przeznaczony dla tego wzorca z odpowiednim rezystorem szeregowym, tak aby otrzymać woltomierz o zakresie pomiarowym około 3V.

Płytkę filtru dolnoprzepustowego, wzmacniacza prądu stałego i miernika posiada wymiary 45x40mm. Kondensatory filtru C22, C23 i C24 powinny być tantalowe. Za pomocą Pr1 ustawia się wstępną polaryzację diod pojemnościowych dla uzyskania częstotliwości generatora VCXO 10000,000kHz. Istotnym elementem urządzenia jest miernik służący jako wskaźnik stanu synchronizacji wzorca z częstotliwością nadajnika. W tym miejscu zastosowałem mały miernik poziomuysterowania od magnetofonu. Do tego celu może być użyty dowolny mały miernik o czułości od 0,1 do 1,0mA, jednak w zależności od jego parametrów należy zmienić wartość rezystora R24 według wzoru:

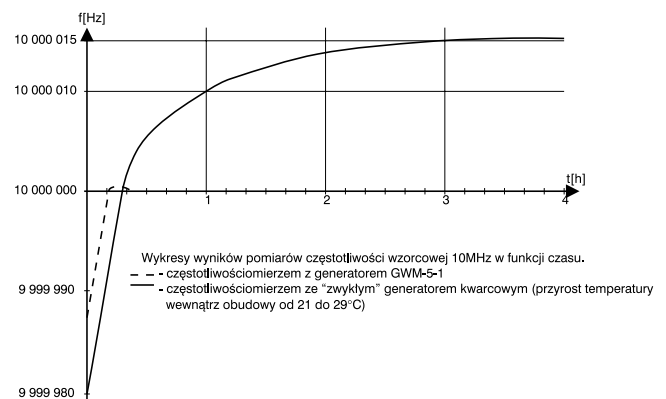
$$R24 = (400/Im) - Rm$$

przy czym Im, Rm - prąd i rezystancja cewki ustroju miernika [Ω, mA]. W ten sposób jego zakres pomiarowy wyniesie 400mV. Potrójna dioda D3 może być zastąpiona trzema diodami krzemowymi małej mocy. Na czas regulacji wzorca trzeba zewrzeć rezystor R16, zmniejszając stałą czasu filtru dolnoprzepustowego.

Generator jest zmontowany na płytce o wymiarach 45x45mm. Zastosowano diody pojemnościowe używane w głowicach odbiorników TV. Po zmontowaniu generatora

należy przygotować potencjometr 10 do 47kΩ oraz podłączyć jego końce do masy i +9V napięcia zasilania, a jego ślizgacz do punktu C. Po włączeniu zasilania potencjometr ustawiamy tak, aby w punkcie C otrzymać napięcie +5,0V, a następnie trymerem Ct ustawiamy częstotliwość generatora na 10000,0kHz. Zmieniając napięcie polaryzacji dla tego pojemnościowych potencjometrem od 4,5 do 5,5V sprawdzamy zakres przestrajania częstotliwości generatora wokół 10000,0kHz.

Na płytce dzielników częstotliwości (o wymiarach 65x45mm) może być konieczne dobranie wartości rezystora R36 wyznaczającego punkt pracy wzmacniacza (tranzystor Tr9) tak, aby jego zmienne napięcie wyjściowe prawidłowo sterowało dzielnik US2 otrzymując na wyjściach wtórników emiterowych Tr10, Tr11 i Tr12 sygnały odpowiednio o częstotliwościach 10000,0, 5000,0 i 1000,0kHz oraz 25kHz na nóżce 2 US3. Potencjometr Pr2 wraz z kondensatorem C45 stanowią obwód różniczkujący symetrycznego sygnału o częstotliwości 25kHz, z którego w obwodach rezonansowych wzmacniacza zostaje wydzielona 9 harmoniczna (225kHz), umożliwiając jednocześnie regulację jej amplitudy do wartości odpowiedniej dla zdudnienia z sygnałem nadajnika w detektorze. Trymer Ct oraz Pr1 i Pr2 powinny być tak zamontowane na płytkach, aby można je było regulować przy zdjętej obudowie. Antena ferrytowa jest połączona ze wzmacniaczem cienkim kablem koncentrycznym (ze splecionym ekranem) o długości do 1m za pomocą złącza, np. typu mały jack. Jej cewki trzeba zabezpieczyć przed uszkodzeniem rurką



Rys. 3.

preszpanową lub z innego materiału izolacyjnego. Antenę można też zestroić kondensatorem strojeniowym od odbiornika, umocowanym tuż przy jej podstawie. Do zasilania wzorca może być wykorzystany dowolny mały transformator sieciowy z uzwojeniem wtórnym o napięciu 10 do 12V i prądzie 100mA. Rezystor R46 spełnia rolę bezpiecznika. Prostownikiem może być mostek prostowniczy lub cztery pojedyncze diody.

**Uruchomienie i regulacja wzorca**

Po zmontowaniu wszystkich modułów i sprawdzeniu działania generatora i dzielników częstościomierzem i ewentualnie oscyloskopem, można przystąpić do zestrojenia obwodów wzmacniacza 225kHz. W tym miejscu opisać jak można to wykonać wykorzystując do tego celu harmoniczną dzielnik 25kHz. Zestrojenie i pierwsze uruchomienie najlepiej jest wykonać na stole przed wmontowaniem modułów do obudowy.

Sprawdzony i zestrojony na 10000,0kHz generator (dodatkowym potencjometrem i trymerkiem Ct) łączymy z dzielnikiem, a wyjście E dzielnika z wyprowadzeniem 5 kubka K4 wzmacniacza. Do punktu B wzmacniacza podłączamy wychyłowy miernik uniwersalny przelączony na zakres 3VDC lub do punktu A oscyloskop, najlepiej z sondą 10:1. Moduł filtra nie jest podłączony.

Po włączeniu zasilania, regulując amplitudę sygnału 25kHz za pomocą Pr2 i dostrajając obwód K5 i K4, należy uzyskać maksymalne wychylenie miernika lub sygnał sinusoidalny 225kHz na ekranie oscyloskopu (okres 4,44µs). Sprawdzamy częstościomierzem w punkcie A prawidłowe zestrojenie obwodu K5 na częstotliwość 225kHz (możliwość zestrojenia na 200 lub 250kHz, na oscyloskopie okres 5 lub 4µs). Następnie przelutujemy przewód sygnału 25kHz od kubka K4 do punktu F wzmacniacza i ponownie regulując poziom sygnału za pomocą Pr2 dostrajamy obwody K3 i K4. Dalej odlutujemy przewód łączący dzielnik od punktu F wzmacniacza i przez niewielką pojemność (np. 47pF) łączymy go z bazą tranzystora Tr1. Regulując potencjometr P1 i ewentualnie Pr2 staramy się uzyskać maksymalne wychylenie miernika i zestrójamy obwody K1 i K2 wzmacnia-

cza. Odłączamy przewód dzielnika od bazy tranzystora Tr1 i sprzęgając go z cewką anteny ferrytowej dostrajamy ją również na maksimum sygnału. Pozostawiając odłączony przewód od punktu F skręcamy Pr2 na minimum rezystancji. Regulując wzmocnienie wzmacniacza potencjometrem P1 oraz ustawiając antenę ferrytową prostopadle do kierunku nadajnika, powinno się uzyskać wychylenie miernika od sygnału radiostacji, a na ekranie oscyloskopu modulowany sygnał nadajnika. Jeśli tak będzie, to trzeba jeszcze raz dostrój wszystkie obwody oraz antenę na jego maksimum. Dla poprawnej pracy wzorca powinno się uzyskać około 1V napięcia stałego w punkcie B. W dołączonych do punktu B słuchawkach (nawet niskoomowych) powinien być słyszany sygnał modulowany nadajnika. Do kręcenia rdzeni kubków należy użyć dobrze dopasowane do ich średnicy pióro śrubokręta, a samo strojenie wykonywać delikatnie (ich plastikowe główki łatwo się urywają). Po zestrojeniu wzmacniacza łączymy wszystkie moduły zgodnie ze schematem, a potencjometr P1 ustawiamy na minimum wzmocnienia wzmacniacza (pomocniczy potencjometr od generatora odłączony). Regulując sygnał dzielnika 25kHz potencjometrem montażowym Pr2 ustawiamy wychylenie wskazówki miernika wzorca na samym początku jego skali i zwiększając wzmocnienie wzmacniacza potencjometrem P1 obserwujemy miernik. Jeśli różnica częstotliwości generatora VCXO w tym momencie nie będzie zbyt duża, powinno nastąpić widoczne wahanie strzałki miernika przy początku jego skali. Zwiększając dalej wzmocnienie doprowadzamy te wychylenia do środka skali. Jeżeli wahania strzałki miernika będą występowały nadal, należy dostrój częstotliwość generatora VCXO przez zmianę punktu pracy diod pojemnościowych, regulując Pr1 do momentu ich ustania. Ustanie wahań strzałki miernika świadczy o zsynchronizowaniu wzorca częstotliwości z sygnałem nadajnika. Można to sprawdzić zmniejszając wzmocnienie wzmacniacza (P1) do zera, a następnie ponownie je powoli zwiększać aż do momentu ustania wahań. Regulując Pr1 i trymer Ct trzeba dopro-

wadzić do takiego stanu, aby synchronizacja następowała przy wychyleniu strzałki miernika mniej więcej w połowie jego skali. Poziom sygnału nadajnika (P1) należy ustawiać tylko taki, jaki jest konieczny do utrzymania synchronizacji. Zbyt słaby sygnał nie wystarczy do zsynchronizowania, a zbyt silny może powodować zakłócenia modulacją nadajnika.

Po włączeniu prawidłowo wyregulowanego wzorca, po kilkunastu sekundach w miarę ładowania się kondensatorów filtra dolnoprzepustowego następuje powolne wahliwe wychylenie strzałki miernika, przesuwanie się od początku do środka skali, gdzie te wahania ustają. Przy zbyt dużej różnicy częstotliwości generatora VCXO, z powodu dużej stałej czasowej filtra dolnoprzepustowego, wahania miernika na początku regulacji mogą nie być widoczne. W takim przypadku obserwując miernik należy regulować Pr1 do momentu uzyskania widocznych oscylacji, a regulując go dalej doprowadzić do coraz wolniejszych wahań wskazówki, aż do jej zatrzymania.

Posiadacze oscyloskopu mogą wykonać zestrojenie wzmacniacza używając go jako wskaźnika sygnału wyjściowego po podłączeniu się do punktu A i ustawieniu podstawy czasu umożliwiającej oglądanie sygnału o częstotliwości 225kHz. Przy ustawieniu poziomu harmonicznego 25kHz z pomocą Pr2 przy zerze miernika wzorca, w punkcie A powinno być około 3Vpp tego sygnału. Natomiast sygnał nadajnika regulowany potencjometrem P1 (po odłączeniu sygnału 25kHz) ma w tym miejscu około 0,6Vpp.

Najbardziej przydatny jest oscyloskop do ustawienia częstotliwości generatora VCXO w celu uzyskania jego synchronizacji z częstotliwością nadajnika. Początkowo używałem tylko takiego sprawdzianu i dopiero później dodałem miernik wychyłowy. Dla tego pomiaru należy ustawić małą częstotliwość podstawy czasu. Potencjometr P1 ustawiamy na minimum wzmocnienia. Na ekranie oscyloskopu ustawiamy 3Vpp sygnału 225kHz harmonicznego dzielnika. Przy zwiększaniu wzmocnienia sygnału nadajnika potencjometrem P1 na obwiedni sygnału 225kHz wystąpi sygnał dudnień tych dwóch częstotliwości generatora

**WYKAZ ELEMENTÓW**

- Rezystory**  
 P1: potencjometr 47kΩ/A  
 Pr1: 2,2kΩ  
 Pr2: 4,7kΩ  
 R1: 10kΩ  
 R2: 8,2kΩ  
 R3, R8, R12, R15, R37: 2kΩ  
 R5, R9, R13, R22, R24, R31, R32, R34, R38, R40, R42: 1kΩ  
 R5, R10: 39kΩ  
 R7, R11, R18, R36: 68kΩ  
 R4, R26, R27, R28, R33, R35, R39, R41: 100kΩ  
 R14: 300kΩ  
 R16, R17, R29, R30: 33kΩ  
 R21, R23: 4,7kΩ  
 R25: 1,5kΩ 0,5W  
 R43, R44, R45: 51Ω  
 R46: 100Ω 0,125W
- Kondensatory**  
 C1: 150pF  
 C2, C8, C14, C18, C34, C35: 1nF  
 C3, C6, C9, C10, C15, C16, C19, C27, C30, C33, C43, C44: 100nF  
 C4, C7, C11, C13, C17: 330pF  
 C5, C12: 10pF  
 C20: 10nF  
 C21: 22nF  
 C22, C23: 47µF tantal  
 C24: 100µF tantal  
 C26, C28: 1000µF 25V  
 C29: 10 µF  
 C31: 75pF KSO  
 C32: 100pF KSO  
 C36..C42: 2,2nF  
 C45, C46: 360pF  
 Ct.: 15pF trymer powietrzny
- Półprzewodniki**  
 D1, D2: dioda ostrza, germanowa  
 D3: 812 (3x1N148)  
 D5, D6: BB102  
 T1..T3: BF196  
 T4, T5, T7..T12: BC547  
 U1: 7809  
 U2: 74LS390  
 U3: 74LS74  
 U4: 78L05
- Różne**  
 Ant.: antena ferrytowa  
 G1: gniazdo mały Jack  
 G2..G4: gniazdo BNC 75  
 K1..K3: obwód 7x7 nr 138  
 M: miernik 100µA  
 Mp: mostek prostowniczy  
 Tr1: TS-2/14  
 X: rezonator 1000,00kHz  
 W: wył. sieciowy

VCXO trymerem Ct czy też Pr1 będzie natychmiast widoczny jako zmiana okresu dudnień. W momencie zsynchronizowania obwiednia się wygładza i przestaje się „wahać“, a pozostają na niej tylko niewielkie ślady modulacji nadajnika. W przypadku przesterowania wzmacniacza zbyt dużym sygnałem nastąpi „wybicie“ wskazówki miernika poza jego skalę, a z powodu dużej stałej

czasowej filtru jej powrót do normalnego położenia może trwać kilkadziesiąt sekund. W takim przypadku najlepiej jest wyłączyć wzorzec i po kilku sekundach włączyć go ponownie. Po zaznajomieniu się z działaniem i regulacją wzorca usuwamy zwarcie rezystora R16, co spowoduje wyraźne wydłużenie czasu ustalania się stanu synchronizacji wzorca oraz usunie wpływ modulacji nadajnika.

Sygnały wzorcowe 1,0 i 5,0MHz są przeznaczone do wykorzystania jako wzorce zewnętrzne dla typowych częstotliwościomierzy. Sposób ich wprowadzenia przez wtórnik emiterowe jest wystarczający do połączenia krótkimi kablami. Niedawno jednak spotkałem starszy typ częstotliwościomierza z wzorcem 2MHz. W takim przypadku należałoby dodać dodatkowy dzielnik częstotliwości 10MHz przez 5.

Częstotliwość 10MHz jest przeznaczona do sprawdzania wzorców częstotliwości innych częstotliwościomierzy. Mierząc jej wartość sprawdzanym miernikiem przy

podstawie 10 sekund, co odpowiada pomiarowi częstotliwości 100000000Hz, otrzymujemy rząd dokładności  $10^{-8}$ . Jednak należy pamiętać, że otrzymany wynik pomiaru ma znak przeciwny do odchyłki częstotliwości generatora badanego częstotliwościomierza. W ten sposób można sprawdzić ustawienie oraz dryft częstotliwości sprawdzanego miernika w funkcji czasu. Jeszcze lepsze wyniki można uzyskać po powieleniu częstotliwości 10MHz do 100MHz, zwiększając tym samym dokładność pomiaru o jeden rząd. Taki sam rząd dokładności można uzyskać mierząc sygnał o częstotliwości 10MHz w czasie 100 sekund, co przewidziałem w częstotliwościomierzu z ośmiocyfrowym odczytem i generatorem GWM-5-1 OMIG, który wreszcie można było kupić na początku lat 90. Za pomocą opisywanego wzorca ustawiłem rząd dokładności tego generatora na  $10^{-9}$ . Pracując z falomierzem sterowanym podobnym (wymiarami) do generatora OMIG-u, japoń-

kim generatorem 1,0MHz czynnym całodobowo i kontrolowanym codziennie wtórnym wzorcem częstotliwości WW-1, działającym podobnie jak w opisie [1], dokładność tego samego rzędu wymagała korekcji o najwyżej 2 punkty nie częściej niż raz na kwartał. Na rys. 3 znajdują się wykresy wyniku pomiarów częstotliwości wzorca 10MHz częstotliwościomierzem ze "zwykłym" generatorem kwarcowym i z generatorem GWM-5-1 OMIG.

Raz wyregulowany wzorzec, pracujący w stałym miejscu w temperaturze pokojowej nie wymaga żadnych regulacji w długim okresie. Regulacja wzmocnienia potencjometrem P1 może być konieczna przy innym usytuowaniu anteny. Podczas strojenia anten nadawczych w Solcu Kujawskim i związaną z tym koniecznością przestrajania nadajnika raszyńskiego na częstotliwość 198kHz, po każdym jego powrocie na 225kHz następowała samoczynna synchronizacja wzorca. Próba użycia wzorca WW-1 jako

podstawy syntezy, pomimo filtru kwarcowego wycinającego modulację nadajnika (podobnie jak w opisie [1]), nie powiodła się.

Największą korzyścią wynikającą z używania opisanego wzorca częstotliwości jest jego gotowość do wykonywania pomiarów w minutę po włączeniu, przy poborze mocy około 1W. Generator GWM-5-1 podczas nagrzewania pobiera moc 12W, a w czasie pracy około 6W. Po połączeniu tego wzorca z dowolnym częstotliwościomierzem otrzymujemy w domu przyrząd o dokładności równej krajowej częstotliwości wzorcowej nadajnika Warszawy I, a wykonywane takim zestawem pomiary zmieniają pogląd na dokładność i stabilność częstotliwości dotychczas mierzonych urządzeń.

**Alfred Jankowski, SP3PJ**

Literatura:

- [1]. Roman Nowak  
Wysokostabilny wzorzec czasu i częstotliwości.  
Elektronika Praktyczna  
7 i 8/96.