

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

3

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

TECHNIKA
SŁABYCH SYGNAŁÓW
TOM 1

WIEDENŃ 2011

© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2011

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autora.

Na rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autora.

Technika słabych sygnałów

Tom 1

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1

Wiedeń, lipiec 2011

Spis treści

Wstęp	5
Rozdział 1. Telegrafia QRS	6
Rozdział 2. Graficzna transmisja pisma	13
Inne emisje	17
Rozdział 3. Emisja ROS	18
Instrukcja do programu „Argo”	23
Wstęp	24
Instalacja programu	28
Odbiór	30
Pierwsze próby	32
Rejestracja graficzna na dysku	33
Rejestracja i odczyt dźwięku	33
Dziennik pracy	34
Dodatek A. Niektóre częstotliwości pracy QRSS	35
Dodatek B. Graficzny sposób dekodowania alfabetu Morse’a	36
Dodatek C. Spectran	37
Instrukcja do programu „Jason”	38
Wstęp	39
Transmisja	40
Menu konfiguracyjne	40
Modemy	41
Tabela częstotliwości	42
Instrukcja do Programu „QRS”	43
Wstęp	44
Instalacja	45
Okno główne	45
Konfiguracja	45
Złącze szeregowo	45
Szybkość transmisji	46
Teksty	47
Powtórzenia transmisji	47
Sposób pracy QSK	48
Emisja	48
Alarm	49
Podnośna m.cz.	49
Kluczowanie DFCW	49
Transmisja znaku telegrafią	50
Synchronizacja	50
Teksty	51
Menu „Start”	51
Menu „Pomoc”	51
Układ kluczący	52
Literatura i adresy internetowe	53

Wstęp

Jedną z interesujących dziedzin eksperymentów amatorskich jest komunikacja radiowa przy wykorzystaniu stosunkowo słabych sygnałów – często leżących poniżej poziomu szumów i zakłóceń. Eksperymenty te cieszą się rosnącym zainteresowaniem z wielu względów.

Na falach długich dopuszczalna moc nadawania wynosi w większości krajów 1 W ERP (co zresztą przy bardzo niskiej sprawności anten amatorskich jest i tak trudne do uzyskania i wymaga konstrukcji nadajników o mocach rzędu kilowata) natomiast na falach krótkich poziom zakłóceń przemysłowych wzrasta z biegiem czasu i trudno liczyć na jakąś poprawę w najbliższym czasie. Z jednej strony – mimo przeciwników – forsowane są dostęp do internetu za pośrednictwem sieci energetycznej i tworzenie lokalnych sieci komputerowych z jej wykorzystaniem a z drugiej jak miecz Damoklesa wisi nad krótkofalarstwem wątpliwej wartości dyrektywa unijna nakazująca zastępowanie zwykłych żarówek przez silnie zakłócające i wypełnione materiałami szkodliwymi dla środowiska tzw. „energooszczędne”.

Także przeróżne zarządzenia mające oficjalnie na celu ochronę środowiska i nakazujące krótkofalowcom dokonywanie zgłoszeń radiostacji, obliczanie lub dokonywanie pomiarów natężenia pola w.cz. po przekroczeniu granicznej efektywnej mocy promieniowania (a bez uwzględnienia faktu, że radiostacje amatorskie pracują dorywczo a nie w sposób ciągły) powodują konieczność przeanalizowania dotychczasowego sposobu pracy w eterze. Wszyscy ci, którym dokonanie obliczeń lub pomiarów sprawia z różnych powodów niemożliwe do przezwyciężenia trudności mogą albo przerzucić się na pracę z terenowego QTH jeżeli mają takie możliwości albo też ograniczyć moc nadawania tak aby ich nie obowiązywała ta cała szopka.

Szopka nie stanowi zresztą na razie normy unijnej i w większości krajów Unii na szczęście takie szyskany nie dotyczą krótkofalowców. Przodują w tym smutnym procederze Niemcy a na drugim miejscu za nimi podąża niestety Polska. Krótkofalowców austriackich nie obowiązują przykładowo tego rodzaju ograniczenia i utrudnienia. Autor nie zetknął się również jak dotąd z doniesieniami o podobnie rygorystycznych przepisach z innych krajów europejskich.

Ograniczenie mocy nadawania nie musi automatycznie oznaczać pogorszenia szans na nawiązywanie interesujących łączności. Również i w takich sytuacjach pomocą może być praca jedną z opisanych tutaj emisji.

Tom obecny oprócz przedstawienia podstaw i przeglądu stosowanych obecnie emisji zawiera tłumaczenia instrukcji do niektórych popularnych programów nadawczo-dbiorczych dla tych emisji. Zamieszczenie we wspólnym tomie kilku instrukcji powoduje, że niektóre zwarte w nich informacje powtarzają się. Autor zrezygnował jednak z ich usuwania aby ułatwić czytelnikom korzystanie z wybranych instrukcji bez konieczności szczegółowego zapoznania się z opisami nie używanych przez nich programów.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wiedeń

Lipiec 2011

Rozdział 1

Telegrafia QRS

Przebiecie się sygnałów stacji amatorskich przez wzrastający poziom zakłóceń będzie wymagało szerszego zastosowania inteligentnych systemów łączności a nie tylko zwiększania (w ograniczonym zresztą zakresie) mocy nadajników ale oprócz tego nawiązanie łączności z mocą poniżej wata lub nawet rzędu miliwatów może dać dużo satysfakcji i stanowić swego rodzaju wyzwanie nawet tam gdzie poziom zakłóceń jest niski i nie przeszkadają one w odbiorze klasycznych emisji radiowych nadawanych przez stacje pracujące ze średnimi i dużymi (jak na warunki amatorskie) mocami.

Jednym z popularnych rozwiązań jest omawiany także na łamach „Świata Radio” ([1]) system WSPR, w którym stacje amatorskie pracują zasadniczo jako nadzorowane radiolatarnie a ich odbiór jest protokołowany i dokumentowany w internecie. W nowszych wersjach programu WSJT przewidziano także możliwość prowadzenia prostych QSO przez stacje WSPR. Oprócz tego istnieje jeszcze kilka dostatecznie rozpowszechnionych (i przez to rokujących szanse na nawiązanie QSO) rozwiązań. Jednym z najbardziej znanych jest powolna telegrafia QRSS, w której czas trwania kropki wynosi od jednej do kilkudziesięciu sekund. Odpowiednio do czasu trwania kropki w oznaczeniu emisji na końcu podawana jest w postaci liczbowej jej długość w sekundach – i tak np. QRSS3 oznacza teleografię z długością kropki wynoszącą 3 sekundy (odpowiednio długość kreski wynosi 9 sekund), QRSS10 – 10 sek. itd. Oznaczenie pochodzi od znanego skrótu QRS oznaczającego zwolnienie szybkości telegrafowania a dodatkowa litera „S” sygnalizuje znaczne obniżenie szybkości. Poza QRSS w łącznościach tego rodzaju stosowana jest emisja Hella (zwłaszcza w jej odmianach MT-Hell i Slowfeld) oraz system „Jason” a także JT65 (WSJT).

Jak wiadomo poprawę stosunku sygnału użytecznego do szumów i zakłóceń można uzyskać zawężając pasmo przenoszenia odbiornika co wymaga oczywiście odpowiedniego ograniczenia pasma transmitowanego sygnału. Konsekwencją tego wymogu jest obniżenie szybkości transmisji co nie tylko w warunkach amatorskich nie stanowi istotnego mankamentu. Bardzo często również i w innych systemach łączności konieczna jest wymiana jedynie krótkich komunikatów i w związku z tym niskie szybkości transmisji są do przyjęcia.

Jako przybliżoną regułę obliczania pasma zajmowanego przez sygnał telegraficzny można przyjąć:
Szer [Hz] = 3 / długość kropki [sek].

Przy szybkości telegrafowania wynoszącej 12 słów/min (ang. *wpm*) długość kropki wynosi w przybliżeniu 1/10 sek. co oznacza, że optymalną szerokością pasma jest 30 Hz (patrz tab. 1.2). Filtr SSB o szerokości pasma 2400 Hz jest więc 80-krotnie szerszy niż byłoby to niezbędne i jak łatwo zauważyć ponad 98% pasma zajmują sygnały niepożądane w danym momencie – czyli stosunek sygnału użytecznego do niepożądanych jest gorszy o ok. 19 dB. Dla telegrafii QRSS3 niezbędna szerokość pasma wynosi 0,33 Hz co daje zysk 14,8 dB w stosunku do telegrafii z szybkością 12 słów/min., a dla QRSS10 zysk ten wynosi już 20 dB.

W telegrafii dwuczęstotliwościowej (z kluczowaniem częstotliwości, tak że częstotliwość wyższa odpowiada kreskom a niższa kropkom) długości kropek i kresek są sobie równe i stosowane są odpowiednio oznaczenia DFCW dla elementów o czasie trwania 1 sekundy, DFCW3 – dla elementów o czasie trwania 3 sekund itd.

Oprócz tych dwóch wariantów spotykany w eterze jest trzeci – będący zwykłą teleografią z kluczowaniem częstotliwości zamiast amplitudy i noszący oznaczenie FSKCW lub FSCW. Również i tutaj na końcu podaje się cyfrę określającą długość kropki. W wariacie tym niższa częstotliwość odpowiada przerwom a wyższa elementom znaku. Dewiacja w łącznościach kontynentalnych przy długościach kropek od 1 do kilku sekund wynosi przeważnie około 4 – 5 Hz (nie przekracza 10 Hz) podobnie jak dla DFCW. Dla łączności międzykontynentalnych gdzie długości kropek mogą dochodzić nawet 120 sekund stosowana jest dewiacja poniżej 1 Hz.

Tabela 1.1. Optymalna szerokość pasma i różnica stosunku sygnału do szumu w odniesieniu do telegrafii z szybkością transmisji 12 słów/min.

Szybkość transmisji [słów/min]	Optymalna szerokość pasma [Hz]	Zysk w stosunku do szybkości 12 sł./min [dB]
12	10	0
8	6,67	+1,8
4	3,33	+4,8
1 sek. długość kropki	1	+10
3 sek. długość kropki	0,33	+14,8
10 sek. długość kropki	0,1	+20

Szybkość transmisji w systemie QRSS jest tak niska, że niemożliwy jest odbiór telegrafii na słuch. Jedynym praktycznym sposobem odbioru jest zastosowanie komputera i wyświetlanie odbieranych znaków na jego ekranie. Rozwiązanie to ma jeszcze dodatkową zaletę – operatorzy nie znający telegrafii mają dosyć czasu na znalezienie znaku w tabeli i jego prawidłowe rozpoznanie. Bardzo wygodnym rozwiązaniem jest przedstawione na rys. 1.1 drzewko telegraficzne pozwalające na dekodowanie znaków alfabetu Morse'a przez poruszanie się po jego gałęziach w kierunku kropek lub kresek w miarę odbierania kolejnych elementów znaku.

Tabela 1.2. Szybkość telegrafowania i szerokość pasma sygnału telegraficznego. .

W obliczaniu szybkości telegrafowania przyjęła się międzynarodowa norma oparta o słowo PARIS. Jego długość z uwzględnieniem standardowego odstępu między słowami odpowiada długości 50 kropek. Transmisja z szybkością 12 słów/min. odpowiada więc nadawaniu 600 kropek/min. czyli 10 kropek/sek.

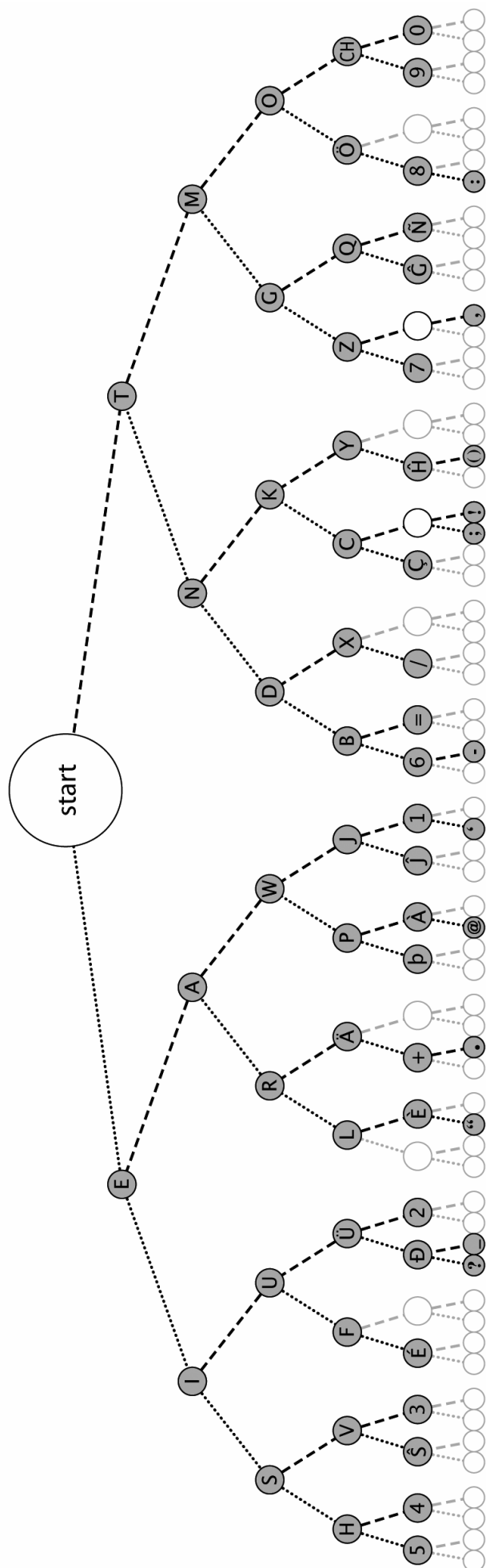
Przy uwzględnieniu faktu, że kropki te musiałyby być nadawane z odstępami oznacza to, że dwa kolejne elementy kropka i odstęp składałyby się na okres fali prostokątnej odpowiadałoby to fali prostokątnej o częstotliwości 5 Hz.

Sygnał w.cz. zmodulowany (kluczowany) za pomocą sygnału o częstotliwości 5 Hz zajmuje pasmo 10 Hz.

W praktyce sygnał kluczowany falą prostokątną zawiera nieparzyste harmoniczne, z których najwyższy poziom ma trzecia harmoniczna. Szerokość pasma sygnału telegraficznego nadawanego z szybkością 12 słów/min. wynosi więc przy jej uwzględnieniu nie 10 a 30 Hz.

Najprostszym sposobem jej obliczania jest przyjęcie szerokości pasma w Hz równej trzykrotnej długości kropki w sekundach.

Zawężenie w odbiorniku pasma przenoszenia poniżej tej granicy powoduje zlewanie się elementów znaku i utrudnia jego odczyt na słuch.



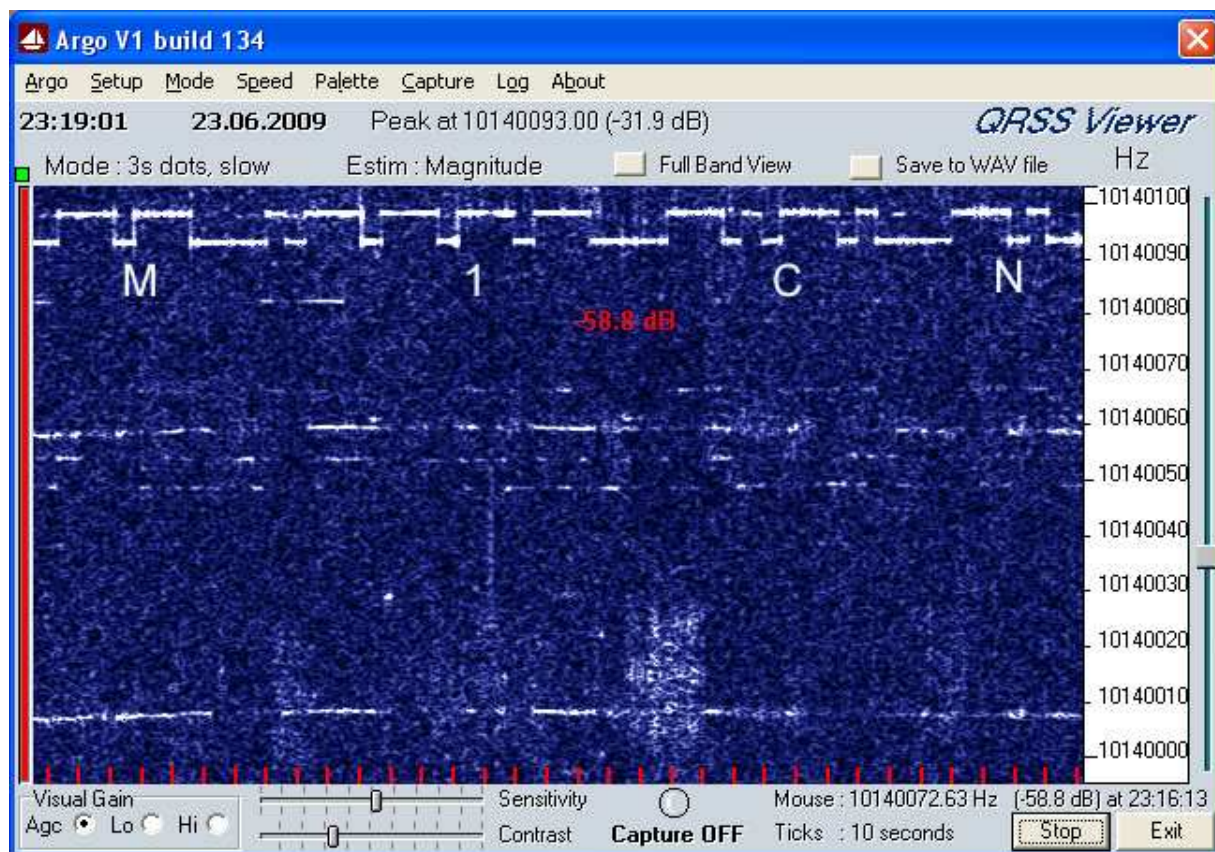
Wzrokowe rozpoznawanie odbieranej informacji daje dodatkowe korzyści wynikające z wykorzystania inteligencji człowieka, który może prawidłowo rozpoznać obraz znaku nawet gdy jest on poważnie na zniekształcony przez zaniki i zakłócenia. W przypadku odbioru pisma w postaci graficznej (j.np. w emisji Hella) z pomocą przychodzi także naturalna redundancja liter, dzięki czemu można je rozpoznać nawet wówczas gdy widoczna jest tylko część. Niezależnie od tego dzięki redundancji mowy można często domyślić się brakującego znaku w oparciu o kontekst.

Do odbioru emisji QRSS i wyświetlania odbieranych sygnałów na ekranie komputera można zastosować bezpłatne programy „Argo” (rys. 1.2) lub „Spectran” (rys. 1.3) autorstwa Alberta di Bene I2PHD [2], trochę bardziej skomplikowany w obsłudze ale i dający większe możliwości „Spectrum Lab” [6] albo jedną z nowszych wersji programu MultiPSK [3]. Dla Linuxa dostępny jest nadawczo-odbiorczy program „glfer” [7] obsługujący emisje QRSS CW i DFCW. Programy odbiorcze „Argo” i „Spectran” wykorzystują jedynie tor wejściowy systemu dźwiękowego komputera tak, że możliwe jest równoległe uruchomienie programu nadawczego np. dostępnego bezpłatnie „QRS” autorstwa ON7YD [4]. Program ten pozwala na pracę emisjami QRSS i DFCW w szerokim zakresie czasu trwania elementu. Do kluczowania nadajnika stosowane jest złącze szeregowo (COM) lub złącze drukarki (LPT).

Programy odbiorcze analizują odbierane sygnały przy użyciu Szybkiej Transformaty Fouriera (SFT; ang. *Fast Fourier Transformation - FFT*) i wyświetlają ich przebieg w skali czasu i częstotliwości w postaci wskaźnika wodospadowego na ekranie komputera (w przypadku gdy oś czasu jest położona poziomo j.np. w programie „Argo” wskaźnik ten bywa nazywany także wskaźnikiem kurtynowym).

Podstawowym sposobem transmisji telegraficznej QRSS CW jest kluczowanie amplitudy identycznie jak w przypadku klasycznej telegrafii. Oprócz tego stosowane bywa kluczowanie częstotliwości sygnału – rys. 1.4 – w takt znaków alfabetu Morse’a z dewiacją od kilku do 10 Hz – FSCW (ang. *frequency shift CW*).

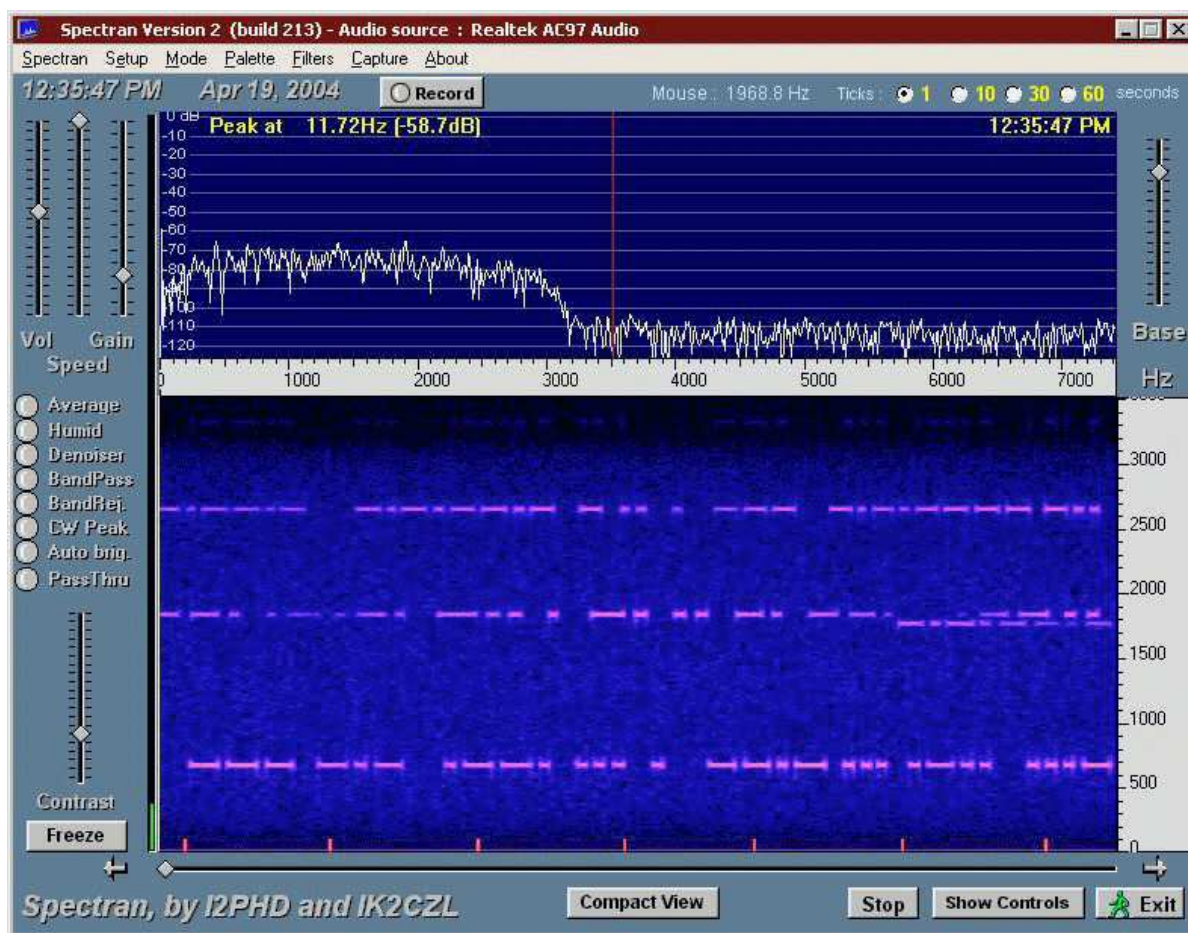
Rys. 1.1. Drzewko telegraficzne do optycznego dekodowania znaków.



Rys. 1.2. Odbiór w programie „Argo”. Obserwacja autora. Podpis pod sygnałem telegraficznym dodany przez autora.

W obu przypadkach obowiązują standardowe zależności długości elementów znaku i odstępów, co oznacza, że długość kreski jest równa trzykrotnej długości kropki. Wyraźne skrócenie czasu transmisji – około 2,5 do 3 razy – daje natomiast system kluczenia częstotliwości DFCW (ang. *dual frequency CW*). W emisji tej kropkom jest przypisana niższa częstotliwość nadawanego sygnału a kreskom – wyższa rys. 1.5). Dzięki temu możliwe jest przyjęcie jednakowego czasu trwania kropek i kresek i skrócenie odstępów pomiędzy nimi. Podobnie jak w przypadku FSCW dewiacja jest mała i nie przekracza 10 Hz. Analogicznie jak dla zwykłej telegrafii w oznaczeniu podawana jest długość elementu, a więc przykładowo dla DFCW3 czas trwania kropek i kresek wynosi po 3 sekundy.

Znaczny czas trwania QSO narzuca przyjęcie pewnych zasad przeprowadzania łączności tak aby nie przedłużając jej nadmiernie wymienić wszystkie informacje niezbędne do jej zaliczenia. Procedura jest w znacznym stopniu zbliżona do stosowanej w łącznościach poprzez odbicia od smug meteorów. Zarówno w jednym jak i w drugim przypadku istotne jest (choć z różniących się powodów) aby nadawane komunikaty były możliwie jak najkrótsze. Również w obydwu przypadkach, podobnie zresztą jak i w łącznościach WSJT stosowany jest system raportów TMO, w którym litera T oznacza sygnał widzialny ale niemożliwy do rozpoznania, litera M – odbiór słaby ale wystarczający do przeprowadzenia QSO, natomiast litera O – odbiór bardzo dobry. Również wywołanie powinno być maksymalnie skrócone a więc np. „CQ SP1XX K”, a nie „CQ CQ CQ DE SP1XX SP1XX SP1XX PSE K” albo podobne. Zalecane jest aby odpowiedź na wywołanie ogólne była nadawana na częstotliwości zbliżonej ale nie dokładnie na częstotliwości wołającej stacji aby zmniejszyć ryzyko wzajemnego zakłócania się przez kilka odpowiadających stacji (na ekranie widoczna jest przecież większa liczba sygnałów jednocześnie).



Rys. 1.3. Okno główne programu „Spectran”



Rys. 1.4. Telegrafia FSCW



Rys. 1.5. Telegrafia DFCW

Zalecane jest także ograniczenie QSO do wymiany jedynie niezbędnych informacji tzn. znaków wywoławczych i raportów, zwłaszcza jeżeli aktywność na paśmie wskazuje, że na łączność mogą oczekiwać także inni korespondenci.

Przykładowy przebieg QSO dla emisji QRSS lub DFCW mógłby więc wyglądać następująco (w nawiasach kwadratowych podano dla orientacji znaki stacji nadających dany komunikat):

```
[SP1XX] CQ SP1XX K
[SP5YY] SP1XX SP5YY K
[SP1XX] SP5YY XX OOO K
```

[SP5YY] XX YY OOO K – albo – XX R K
[SP1XX] YY XX TU 73 K – albo – YY RR SK
[SP5YY] XX YY GL 73 SK

W tym przykładzie dobry odbiór i brak wątpliwości co do odebranego znaku (raport OOO) pozwolił na posługiwanie się skróconymi formami znaku wywoławczego po ich pierwszej wymianie (skręcanie znaku nie jest obowiązkowe i zależy od uznania operatora).

Oczywiście w trudniejszych warunkach odbioru znaki wywoławcze muszą być powtarzane tak długo aż zostaną odebrane bezbłędnie po czym dopiero można przejść do wymiany raportów. Zwroty pożegnalne mogą oczywiście wyglądać trochę inaczej albo zostać skrócone w zależności od upodobań operatora. Zaleca się aby w łącznościach kontynentalnych stosować długość kropki 3 lub najwyżej 10 sekund a w emisji DFCW dewiację 2 – 5 Hz. W łącznościach międzykontynentalnych długości kropek dochodzą nawet do 120 sekund a dewiacje dla DFCW wynoszą 0,1 – 0,5 Hz.

Emisją QRSS najczęściej pracują stacje amatorskie w paśmie długofalowym (w podzakresie 137,7 – 137,75 kHz) i na falach krótkich w paśmie 30 m (ok. 10140,0 – 10140,1 kHz czyli tuż poniżej podzakresu używanego przez stacje WSPR) ale oprócz tego także w innych pasmach, przykładowo w pobliżu częstotliwości 1919, 3505, 3585,0 – 3585,1, 7000,8 – 7000,9, 7037,0 – 7037,77, 14161, 18100, 18105,0 – 18105,1, 21241,5, 28322 kHz a czasami również i w pasmach ogólnie dostępnych j.np. 13554,9 – 13555,5 kHz (13560 +/- 7 kHz). Łatwymi do zapamiętania są ciąg częstotliwości wynikający z podziału częstotliwości 28322 kHz (standard przyjęty przez włoskich krótkofalowców) lub wybór częstotliwości w 100 Hz odcinku przylegającym od góry do podzakresów WSPR (za wyjątkiem pasma 30 m, gdzie podzakres QRSS leży poniżej).

Najczęściej stosowane są moce nadajników w zakresie od kilku do kilkuset mW ale czasami były też przeprowadzane eksperymenty z mocami nadawania poniżej 1 mW – a konkretnie od kilkudziesięciu do kilkuset μ W. Takie minimalne moce nadajników pozwalają na legalną pracę także w paśmie przemysłowym (ISM) bez konieczności uzyskiwania dodatkowych zezwoleń.

Wśród stosowanego wyposażenia spotyka się nie tylko urządzenia fabryczne ale także i sprzęt własnej konstrukcji. Są to zwłaszcza nadajniki bardzo małych mocy – nie osiągalnych standardowo w urządzeniach fabrycznych. Ich układy są dzięki niskim mocom i ograniczeniu się do stosunkowo wąskiego pasma częstotliwości nieskomplikowane i łatwe do budowy i uruchomienia nawet przez mniej zaawansowanych amatorów. Wąskie pasmo sygnału stawia jednak wyższe wymagania odnośnie stabilności częstotliwości aniżeli w przypadku emisji SSB. Zasadniczo nawet stabilność częstotliwości nadajników sterowanych kwarcowo może okazać się niedostateczna i dlatego na falach krótkich często stosowane są generatory z kwarcem pracującym w stabilizowanej temperaturze. Znacznie większą stabilność można uzyskać synchronizując generator sterujący nadajnika za pomocą sygnału odniesienia uzyskanego z odbiornika GPS lub z odbioru wzorcowych sygnałów częstotliwości np. Warszawy I (225 kHz) albo DCF77.

Do popularnych konstrukcji nadajników należą 2 – 3 tranzystorowe nadajniki telegraficzne sterowane kwarcem i kluczowane amplitudowo albo także częstotliwościowo za pomocą diody pojemnościowej. Spotyka się także układy nadajników pracujących na obwodach logicznych z serii 74HC. Jednym z często stosowanych rozwiązań jest układ oparty na obwodzie scalonym 74HC240, w którym jedna z bramek pracuje jako generator kwarcowy a wzmacniacz mocy składa się z czterech bramek połączonych równolegle. Nadajnik taki może dostarczyć do anteny od kilkudziesięciu do ponad 100 mW mocy. Rozpowszechnienie się syntezerów częstotliwości z bezpośrednią synteza cyfrową (DDS) lub oprtych na cyfrowej pętli synchronizacji fazy (np. Si570) spowodowało pojawienie się licznych rozwiązań na nich opartych. Najczęściej posiadają one jednostopniowy wzmacniacz mocy na pojedynczych lub połączonych równolegle tranzystorach małej mocy w.cz.

W odbiornikach własnej konstrukcji często spotyka się nieskomplikowane układy homodynowe również z heterodyną kwarcową i stabilizowaną temperaturowo. Rozwiązania takie mają dodatkowo tą zaletę, że nie posiadają ARW – której działanie mogłoby uniemożliwić odbiór słabych sygnałów w przypadku pracy silniejszej stacji na pobliskiej częstotliwości. Również w przypadku korzystania ze sprzętu fabrycznego dużą zaletą jest możliwość wyłączenia ARW.

Sposób połączenia komputera z radiostacją zależy od zasady pracy programu terminalowego. Programy generujące odpowiednio kluczowaną lub modulowaną podnośną akustyczną jak również omówione da-

lej programy odbiorcze Argo i Spectran wymagają połączenia komputera z radiostacją w sposób identyczny jak dla PSK31 czy innych rozpowszechnionych emisji cyfrowych. Programy kluczujące nadajnik za pomocą jednego z przewodów złącza szeregowego (albo już prawie nie spotykanego złącza LPT) wymagają połączenia tego przewodu poprzez tranzystor wykonawczy z wejściem kluczowania nadajnika (gniazdem klucza telegraficznego).

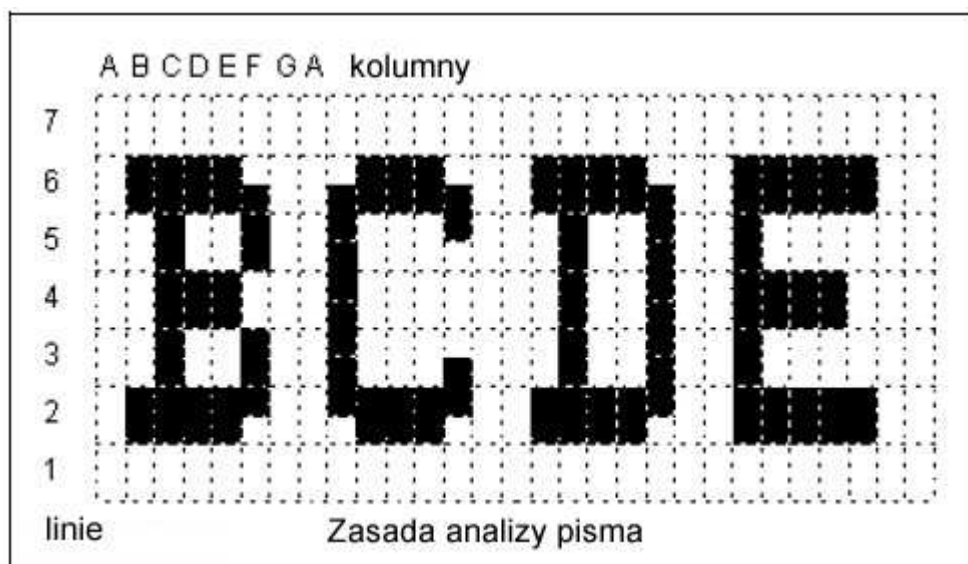
Uruchamiane są też proste radiolatarnie QRSS/DFCW sterowane za pomocą mikrokontrolerów np. typów 16F84 (A), 16F628 (A) i podobnych. Rozwiązania sterowanych mikroprocesorowo radiolatarni pracujących różnymi rodzajami emisji były już publikowane na łamach Świata Radio ale ponieważ opracowanych zostało wiele interesujących rozwiązań temat ten doczeka się z pewnością oddzielnej publikacji. Przykłady konstrukcji można znaleźć w internecie pod adresami [8] – [13] lub w literaturze [14]. W wielu z nich do generacji sygnału kluczującego wykorzystywane są mikrokontrolery typu PIC lub AVR co umożliwia transmisję nie tylko sygnałów telegraficznych ale również emisji WSPR, JT65, Hella i innych graficznych reprezentacji znaków.

W radiolatarniach tych stosowane są przeważnie proste nadajniki własnej konstrukcji dzięki czemu rozwiązania takie pobierają mało energii (nie wymagają przecież także połączenia z komputerem) i mogą pracować przez dłuższy czas oraz dodatkowo mogą być umieszczone w dogodnych miejscach.

Rozdział 2

Graficzna transmisja pisma

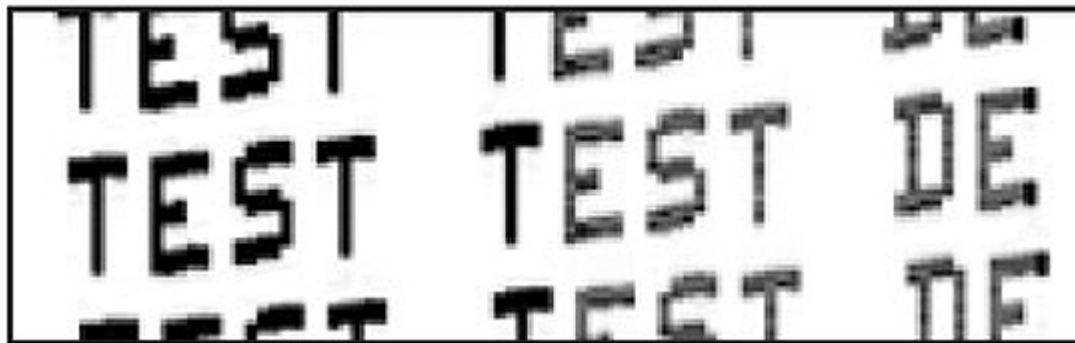
Drugą z szeroko metod stosowanych w amatorskiej komunikacji przy użyciu słabych sygnałów jest graficzna transmisja znaków. Do jej najbardziej znanych przedstawicieli należy system Hella. W odróżnieniu od rozwiązań takich jak packet radio czy PSK31 nadawana jest tutaj graficzna reprezentacja znaków alfanumerycznych a nie ich kody komputerowe – jest to więc rodzaj transmisji faksymile. Litery alfabetu są podzielone na elementy nadawane kolejno lub grupami. Zasadę podziału ilustruje rys. 2.1. W wersji podstawowej noszącej nazwę *Feldhell* pole (matryca) znaku jest podzielone na 7 x 7 elementów z tego po odjęciu marginesów dla litery pozostaje 5 x 5 elementów. Elementy są nadawane po kolei w kierunku od lewego dolnego rogu w górę i w prawo – czyli kolumny są transmitowane kolejno od dołu do góry. Szybkość transmisji wynosi 122,5 boda co odpowiada 17,5 kolumnom/sek. czyli 2,5 znaku/sek co się równa 150 zn./min (transmisja pojedynczego elementu trwa ok. 8 msek.). Średni współczynnik wypełnienia wynosi tutaj ok. 21% co pozwala na pracę z pełną mocą nadajnika (dla porównania dla telegrafii Morse'a wynosi on ok. 46%). Cechą charakterystyczną systemu jest pochYLENIE odbieranych liter na wydruku w lewo spowodowane następowaniem po sobie kolejnych elementów znaku na tle przesuwałającej się taśmy papierowej – obecnie ruch ten jest symulowany na ekranie komputera i wobec tego zachowano pochYLENIE wyświetlanych liter.



Rys. 2.1. Analiza pisma w systemie Feldhell

W emisjach amatorskich stosowane jest kluczowanie amplitudy podnośnej akustycznej co w przypadku użycia nadajnika SSB odpowiada kluczowaniu telegraficznemu (sygnał nadawany jest w czasie trwania czarnych elementów znaku, natomiast białym odpowiada przerwa w transmisji). Możliwe jest oczywiście również bezpośrednie kluczowanie amplitudy nośnej w.cz. jak w przypadku telegrafii. W radiolatarniach pracujących emisją Hella można więc stosować proste rozwiązania nadajników telegraficznych. Po dokładnym przyjrzeniu się alfabetowi łatwo zauważyć, że niektóre elementy znaków rozpoczynają się w połowie pola lub też trwają o połowę pola dłużej. W zasadzie można więc także do analizy znaku przyjąć podział na 14 x 7 elementów, przy czym dla ograniczenia szerokości pasma sygnału nadawane (czarne) elementy znaku nie mogą być krótsze niż dwa elementy matrycy (licząc w kierunku transmisji czyli pionowym). Taki sposób podziału pozwala na uzyskanie ładniejszego wyglądu znaków. Transmisja nie wymaga dokładnej synchronizacji a jedynie zgrubnego wyrównania prędkości po stronach nadawczej i odbiorczej z dokładnością do poniżej 1%. W przypadku pełnej zgodności prędkości znaki są wyświetlane na ekranie poziomo natomiast powstanie odchyłki powoduje wyświetlanie pisma ukosem w górę lub w dół (rys. 2.2). Dla zapewnienia czytelności tekstu w warunkach braku synchronizacji jest on wyświetlany podwójnie jeden pod drugim (transmitowany jest natomiast zawsze pojedynczo). W odróżnieniu od stosowanych dawniej elektromechanicznych dalekopisów Hella sygnały ekrana-

nie komputera wyświetlane są przy użyciu pełnej gamy odcieni szarości co poprawia ich czytelność w trudniejszych warunkach odbioru.

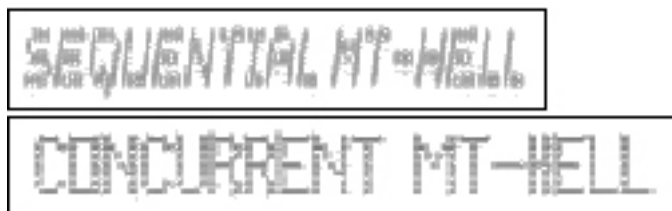


Rys. 2.2. Odbiór w warunkach braku synchronizacji

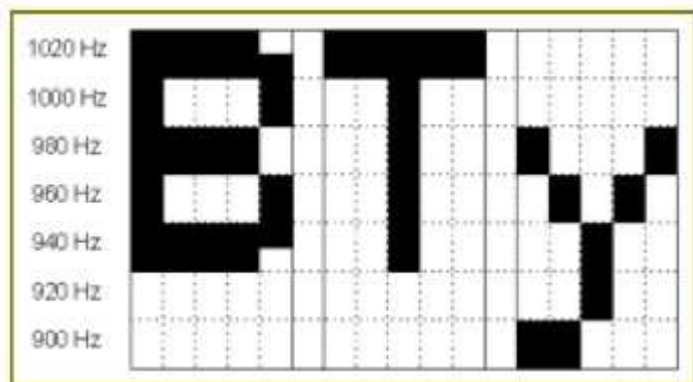
System *Feldhell* został opracowany w 1929 roku przez Rudolfa Hella (1901-2002) a jego nazwa pochodzi stąd, że był on stosowany w czasie wojny przez Wehrmacht na polu walki (na szczęście od dawna stosowany on jest wyłącznie do celów pokojowych). Oczywiście do łączności stosowane były wówczas urządzenia elektromechaniczne – swego rodzaju dalekopisy połączone między sobą radiowo lub kablowo – a odebrany tekst był drukowany jednokolorowo na taśmie papierowej. W takt znaku modulowana była w nich podnośna akustyczna 900 Hz. Urządzenia te nosiły nazwę *Hellschreiber*, którą później odziedziczył jeden z programów stosowanych przez krótkofalowców [5]. W literaturze anglojęzycznej spotykane jest czasami błędne tłumaczenie tej nazwy jako „urządzenie jasnopiszące” – autorzy takich opracowań tłumaczyli poprostu słowo *hell* (niem. jasny) w oderwaniu od nazwiska wynalazcy. Na ekranie komputera wyświetlane są zresztą naogół ciemne litery na jasnym lub białym tle a więc nazwa taka wogóle nie miałaby sensu.

System ten i niektóre jego pochodne (C/MT-Hell, F-Hell, GL-Hell, L-Hell, Hell-80) były po wojnie przez dłuższy czas stosowane w cywilnych łącznościach dalekopisowych – szczególnie w krajach używających bardziej skomplikowanych alfabetów jak np. Chiny i Korea. Obecnie system ten i pokrewne są używane zasadniczo jedynie w łącznościach amatorskich. Pomimo opracowania przez krótkofalowców wielu nowych odmian (PSK-Hell, FM-Hell, Duplo-Hell, S/MT-Hell) na falach krótkich najczęściej stosowana bywa właśnie wersja podstawowa, zwłaszcza w trakcie wywołań.

Dzięki zastosowaniu kluczowania telegraficznego i wykorzystaniu ludzkiej inteligencji w procesie dekodowania system ten ma w trudnych warunkach odbioru (lub przy małych mocach nadawania) zalety z grubsza zbliżone do zalet telegrafii Morse’a.



Rys. 2.3. Czcionki w systemie MT-Hell



Rys. 2. 4. Analiza pisma w systemie MT-Hell

Do pracy tą emisją najwygodniej jest użyć programu MultiPSK [4], który pozwala na korzystanie z kilku najważniejszych odmian systemu Hella dodatkowo do wielu innych emisji cyfrowych, albo programów MixW, Hellschreiber [5] lub Ham Radio Deluxe.

Stacje pracujące emisją Hella można najczęściej spotkać w pobliżu częstotliwości 3575, 7040-7060, 10135-10145 (w regionie I 10140-10145), 14063-14080, 18101-18110, 21063-21080 i 28063-28080 kHz.

Na natomiast falach długich i do celów łączności z wykorzystaniem słabych sygnałów w zakresach krótkofalowych przeważnie stosuje się albo transmisję *Feldhell* z 1/8 standardowej szybkości albo opracowaną przez G3PPT odmianę pod nazwą „Slowfeld” [1] różniącą się od podstawowej znacznie niższą – ok. 100-krotnie – szybkością transmisji.

Przeważnie szybkość ta wynosi od 0,5 do 3 znaków/min. co pozwala na uzyskanie szerokości pasma sygnału rzędu 1 Hz. Dla poprawienia czułości systemu program odbiorczy „Slowfeld” wykorzystuje szybką transformatę Fouriera (FFT). Drugim z programów służących m.in. do powolnej transmisji w systemie Hella jest „Fldigi” [2, 3] dostępny w wersjach dla Windows XP, Visty i Linuksa. Uniwersalny ale przez to bardziej skomplikowany w obsłudze program „Spectrum Lab” umożliwia także nadawanie w opracowanym przez DF6FM standardzie „Chirped Hell” stosowanym w paśmie długofalowym. Jest to kolejna odmiana systemu Hella pracująca z niską szybkością transmisji i dzięki temu zajmująca wąskie pasmo.

Stacje pracujące emisją „Slowfeld” na falach krótkich są najczęściej spotykane w paśmie 30 m w okolicach 10135 kHz. W ogóle pasmo to jest często używane przez miłośników łączności za pomocą słabych sygnałów lub do obserwacji ich propagacji.

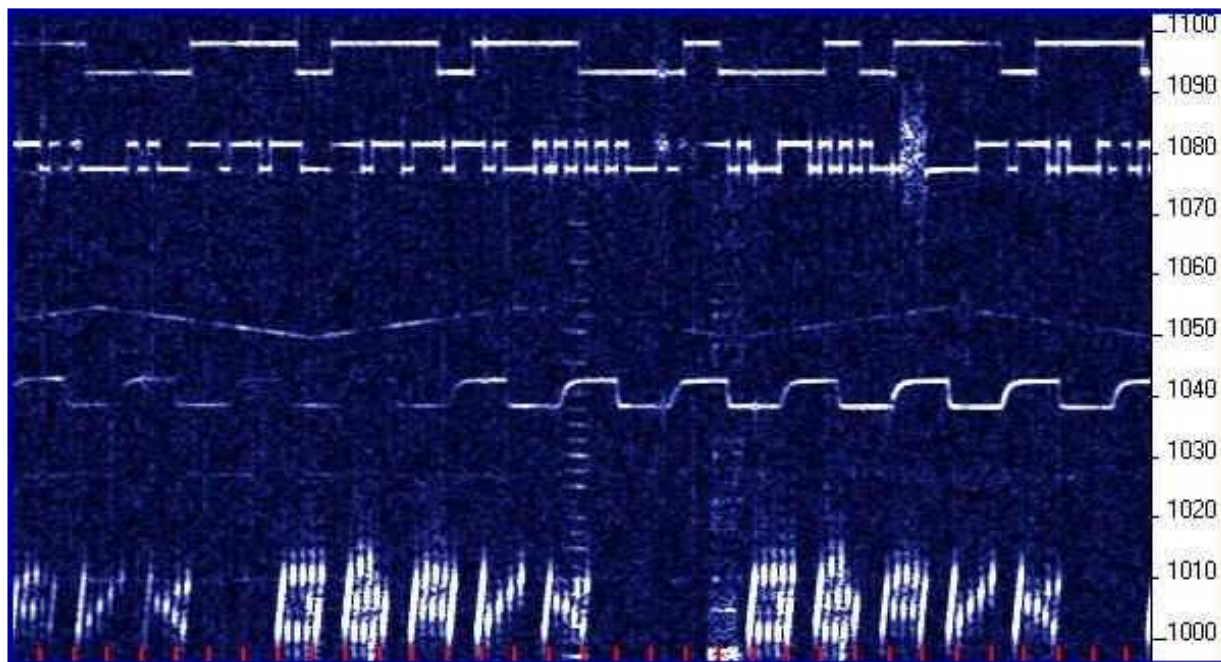
Przebieg łączności emisją Hella odpowiada w zasadzie przebiegowi łączności telegraficznej i można w nich stosować także te same skróty.

Spośród wymienionych wariantów systemu Hella w łącznościach amatorskich przy użyciu słabych sygnałów stosowane są także odmiany wielotonowe MT-Hell (*Multi-tone Hell*). W systemach tych zamiast wspólnej częstotliwości podnośnej dla wszystkich elementów znaku stosuje się oddzielne podnośne dla każdej jego linii. Leżą one przeważnie w zakresie 800-1100 Hz w odstępach 20 Hz przy czym najniższa częstotliwość odpowiada dolnej linii a najwyższa – górnej (rys. 2.4). W przypadku zastosowania identycznego podziału znaku jak w systemie *Feldhell* konieczne jest więc użycie siedmiu podnośnych.

W systemach MT-Hell stosowane bywają także i inne sposoby podziału znaków w związku z czym liczba podnośnych może wzrosnąć nawet do 16. Dzięki rozmieszczeniu elementów znaku w dziedzinie częstotliwości odbierany tekst jest bezpośrednio czytelny na wskaźnikach wodospadowych programów stosowanych w łącznościach QRSS takich jak „Argo”, „Spectran”, „Spectrum Lab” i podobnych (rys. 2.5).

Podnośne odpowiadające poszczególnym elementom kolumny mogą być transmitowane kolejno lub wszystkie naraz. Pierwszy z wymienionych sposobów transmisji nosi nazwę *Sequential MT-Hell* (S/MT-Hell) a drugi *Concurrent MT-Hell* (C/MT-Hell). Jak wynika z ilustracji 2.3 w pierwszym przypadku pismo jest pochylone w prawo natomiast w drugim dzięki nadawaniu całej kolumny jednocześnie – proste. Dla standardowej szybkości transmisji szerokość pasma sygnału wynosi ok. 400 Hz dla systemu S/MT i ok. 500 Hz dla C/MT. W praktyce podział czcionki na więcej niż 7 linii jest stosowany

tylko w systemie C/MT-Hell. W przypadku transmisji SSB stosowana jest dolna wstęga. Na zakresie długofalowym i w niższych pasmach KF stosowana jest odmiana S/MT.



Rys. 2.5. Odbiór sygnałów „Slow Hell”. Powyżej widoczne sygnały FSCW oraz przebiegi: trójkątny i prostokątny

W łącznościach przy użyciu słabych sygnałów stosowane są oczywiście znacznie węższe pasma sygnału – odstępów częstotliwości podnośnych MT-Hell leżą w zakresie od ułamka do kilku Hz. Do generacji sygnałów dla niższych szybkości transmisji stosowane są często układy mikrokontrolerów stanowiące serce amatorskich radiolatarni małej mocy. Spis przykładowych rozwiązań został podany w pierwszym rozdziale, w drugim można go jeszcze uzupełnić o poz. [10].

Oprócz emisji Hella stosowana jest również transmisja graficznej reprezentacji znaków telegraficznych np. w postaci ukośnych kresek lub trójkątów. W przypadku pierwszym ukośne kreski opadające reprezentują kreski alfabetu Morse’a natomiast wznoszące – kropki (rys. 2.6). W reprezentacji przy użyciu trójkątów kreskom odpowiadają trójkąty zwrócone bokiem do góry, natomiast kropkom – z wierzchołkiem w górze (rys. 2.7). Spotyka się także reprezentację znaków telegraficznych za pomocą wężyków „generalskich” o różnej długości zamiast zwykłych kresek i kropek (FATCW).

Czasami zamiast informacji użytecznej transmitowane są sygnały prostokątne, piłokształtne lub inne (rys. 2.5). Źródłem modulacji w takich przypadkach są proste generatory odpowiedniego przebiegu na obwodach LM555 lub innych. Transmisje takie są przeważnie zapowiadane w internecie ponieważ w przeciwnym przypadku niemożliwe byłoby rozpoznanie źródła pochodzenia sygnału.



Rys. 2.6. Reprezentacja znaków telegraficznych za pomocą ukośnych kresek

Rozdział 3

Emisja ROS

Od 2010 roku do emisji zapewniających skuteczną pracę w eterze przy użyciu słabych sygnałów dołączyła emisja ROS opracowana przez José Alberto Nieto Rosa EA5HVK. Początkowo EA5HVK podawał w publikacjach, że pracuje ona na zasadzie rozpraszania widma sygnału przez kluczkowanie jego częstotliwości jednak po tym jak w USA rozpętała się dyskusja na temat legalności jej stosowania w pasmach poniżej 222 MHz oficjalne stanowisko autora uległo zmianie. Obecnie podawane jest, że wykorzystuje on wielostanowe kluczkowanie częstotliwości podobnie jak MFSK16 czy Olivia i jest w sumie spokrewniony ze stosującą dwustanowe kluczkowanie emisją RTTY. Trudno rozstrzygnąć bez dokładniejszego zbadania jak to właściwie jest. Sygnały ROS składają się z wielu częstotliwości ale zasadniczym kryterium rozstrzygającym do której grupy można je zaliczyć jest sposób ich kluczkowania. W systemie rozpraszania widma częstotliwość lub faza sygnału są kluczkowane za pomocą pseudolosowego ciągu dwójkowego (kodu rozpraszającego) dodatkowo do modulacji lub kluczkowania sygnałem użytecznym, natomiast w zwykłych emisjach z wielostanowym kluczkowaniem częstotliwości istnieje ściśle przypisanie częstotliwości lub ich skoków do nadawanych symboli. Za tym, że może to być jednak system z rozpraszaniem widma przemawiałoby jednak stwierdzenie autora dopuszczające możliwość pracy większej liczby stacji w tym samym kanale. Na temat dopuszczalnej praktycznie liczby stacji nie zakłócających się jeszcze w nadmierny sposób brak jest jednak dokładniejszych danych. EA5HVK twierdzi, że – zależnie od szybkości transmisji – możliwe jest dekodowanie sygnałów na poziomie -30 do -35 dB poniżej poziomu szumów ale niestety nie podaje dokładniejszych parametrów odniesienia dla tych obliczeń. Trudno jest więc wypowiadać się w sposób pewny o przedstawionych liczbach ale faktem jest, że przy użyciu emisji ROS przeprowadzono już wiele łączności międzykontynentalnych nadając z mocami jednego lub kilku watów a łączności wewnątrz europejskich z mocami poniżej wata. Z pewnością jest to więc rozwiązanie interesujące dla dobrowolnych lub przymusowych miłośników QRP. Z podanych w dokumentacji przykładów wynika, że moc nadajnika może być od 5 do 100 razy niższa aniżeli dla łączności PSK31 w tych samych warunkach (w zależności od szybkości transmisji).

W dokumentacji programu podane są przykładowe porównania przebiegów łączności emisją ROS i Olivią 32/100, z których miałyby wynikać przewaga tej pierwszej dla bardzo słabych sygnałów.

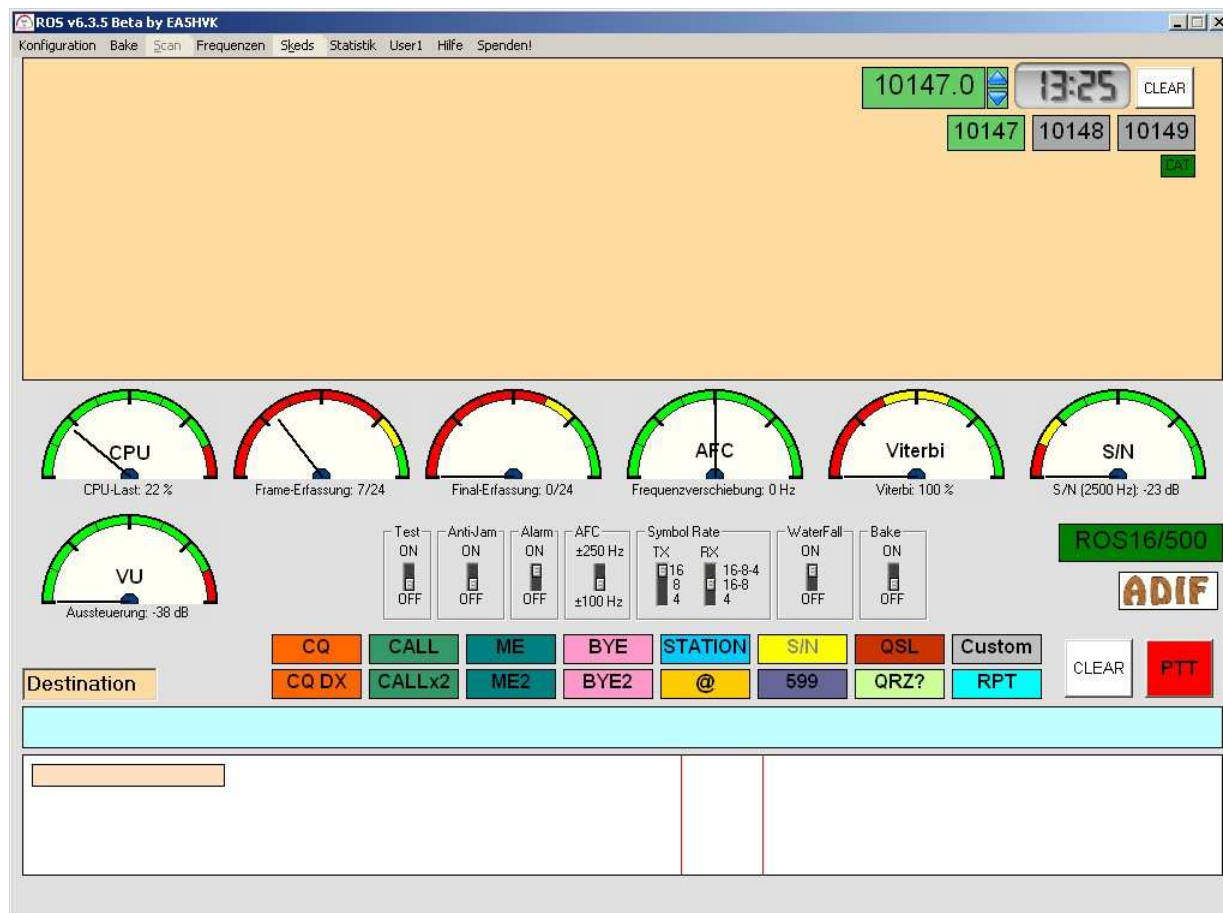
Sygnał ROS zajmuje w zależności od wariantu pasmo 100 Hz (ROS MF – wariant dla łączności długociągowej i średnionalowych), 500 Hz (ROS 500 – wariant dla łączności krótkofalowych w podzakresach, w których tylko taka jest dozwolona, np. w paśmie 30 m) lub 2250 Hz (ROS 2000 – wariant dla łączności w pozostałych zakresach krótkofalowych oraz w pasmach 2 m i 70 cm). Szybkości transmisji wynoszą 1 lub 7 bodów dla wariantu ROS MF albo 4, 8 lub 16 bodów dla ROS 500 i ROS 2000. Oprócz tego istnieje specjalny wariant dla łączności EME pracujący z szybkością 1 boda i zajmujący pasmo około 64 Hz. Zastosowano w nim sposób kluczkowania zbliżony do MFSK16.

Autor programu zaproponował szereg zalecanych częstotliwości pracy leżących we wszystkich pasmach amatorskich od fal długich do 70 cm włącznie. Ich wyboru dokonuje się w menu programu lub za pomocą przełącznika znajdującego się po prawej stronie wskaźnika częstotliwości w oknie głównym. Pasujący wariant emisji jest dobierany automatycznie w zależności od ustawionej częstotliwości pracy. Program może zdalnie sterować wiele typów radiostacji znanych marek za pośrednictwem złącza CAT i korzysta w tym celu z programu OmniRig autorstwa VE3NEA [4].

W przypadku nie korzystania ze zdalnego sterowania należy samemu dostroić radiostację do wyświetlanej na ekranie częstotliwości (jest to częstotliwość wytłumionej nośnej SSB). Rezygnacja ze zdalnego sterowania pozwala jednak na korzystanie z dowolnego wariantu ROS na każdej z częstotliwości pracy co otwiera drogę do ciekawych eksperymentów. Podobnie jak dla JT65A największe szanse spotkania partnera zapewnia obecnie pasmo 20 m.

Archiwum programu jest dostępne w internecie pod adresem [1]. Jego instalacja przebiega w sposób typowy i wymaga rozpakowania archiwum a następnie wywołania programu instalacyjnego *install.exe*. Program nie dokonuje żadnych wpisów do rejestru Windows a więc jego usunięcie wymaga jedynie skasowania katalogu, w którym został zainstalowany i ewentualnie symbolu wywoławczego na pulpicie.

Po uruchomieniu programu na ekranie widoczne jest jego okno główne.

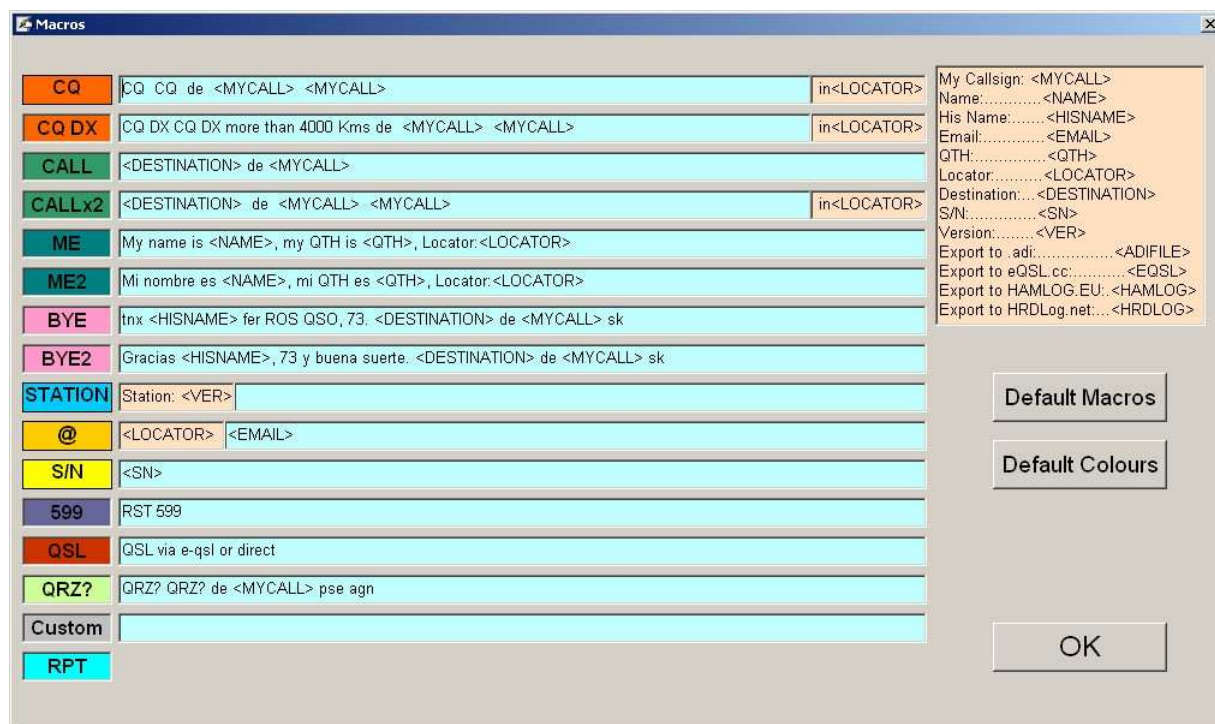


Rys. 3.1. Okno główne programu

Okno to zawiera w górnej części okienko odbiorcze wraz ze wskaźnikiem częstotliwości a poniżej siedem wskaźników wychyłowych. Wskaźniki te informują operatora o przebiegu odbioru i dekodowania danych („*Frame Acquisiton*”, „*Final Acquisition*” i „*Viterbi*”), poziomie odbieranego sygnału („*Volume*”), poziomie szumów („*S/N*”), odstrojeniu od sygnału odbieranego („*AFC*”) i obciążeniu CPU. Poniżej znajduje się szereg (sterowanych myszą) przełączników służących do wyboru szybkości transmisji (program może równolegle dekodować dane transmitowane z różnymi szybkościami), zakresu chwywania automatycznego dostrojenia, włączenia wskaźnika wodospadowego, radiolatarni itp.

Pod nimi widoczny jest zestaw 16 przycisków ekranowych służących do wywoływania tekstów standardowych (można je wywoływać także za pomocą klawiszy funkcyjnych) i jasnoturkusowe okienko nadawcze. Naciśnięcie przycisku lewym klawiszem myszy powoduje wpisanie do okna nadawczego odpowiedniego tekstu natomiast naciśnięcie prawym klawiszem myszy – wpisanie tekstu i równoległe otwarcie okna edytora tekstów, w którym można modyfikować teksty standardowe a dokładniej rzecz biorąc ich części wyświetlane na turkusowym tle. Fragmenty wyświetlane na tle pomarańczowym są ustalone przez autora programu i nie dają się modyfikować.

Domyślnie program jest wyposażony w zestaw najważniejszych tekstów w językach angielskim i hiszpańskim.



Rys. 3.2. Okno tekstów

Dolna część głównego okna jest przeznaczona na wskaźnik wodospadowy. Dekodowany sygnał musi leżeć pomiędzy czerwonymi pionowymi kreskami. Wskaźnik ten można wyłączyć w przypadku nadmiernego obciążenia CPU co przeważnie ma miejsce na starszych i wolniejszych komputerach.

W celu nadania tekstu wprowadzonego za pomocą przycisków lub wpisanego przez operatora należy nacisnąć myszą przycisk PTT. Po pierwszym naciśnięciu program włącza nadajnik (w zależności od konfiguracji za pomocą złącza COM lub CAT) a po drugim rozpoczyna nadawanie tekstu i po jego zakończeniu przechodzi automatycznie na odbiór.

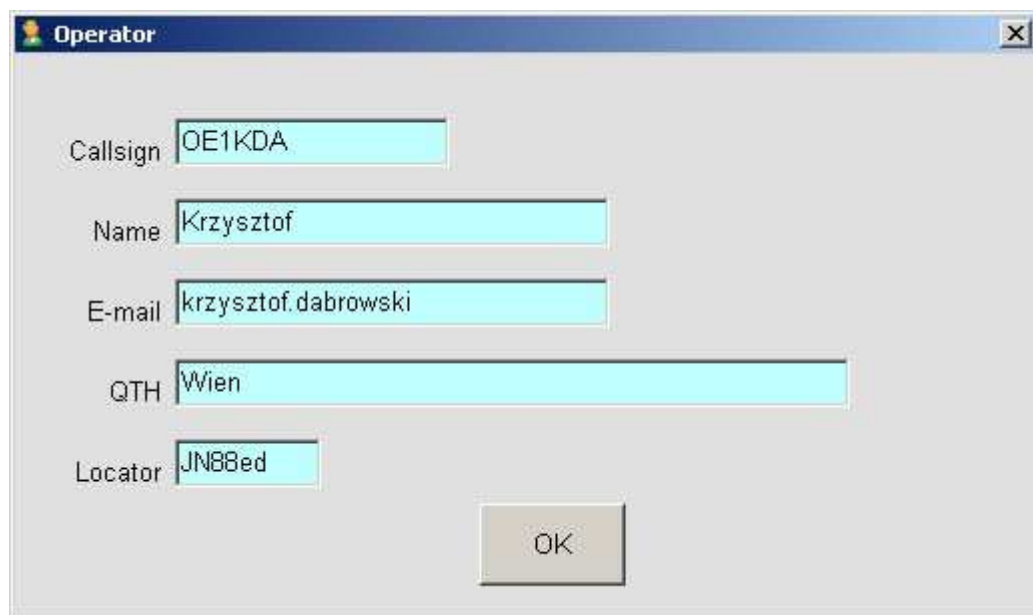
Przycisk ADIF powoduje otwarcie okna dziennika stacji dającego także możliwość eksportu danych do serwisów internetowych eQSO.cc, Hamnet.eu itd.

Wracając do tekstów standardowych trzeba niestety zauważyć, że w ostatnich latach wśród kolegów pracujących emisjami cyfrowymi przyjął się zwyczaj ograniczania QSO jedynie do wymiany standardowych tekstów, a przecież prawie zawsze w zwykłej łączności można dodać parę słów od siebie lub wymienić kilka dodatkowych interesujących informacji.

Czasami przebieg QSO może nasuwać przypuszczenia, że korespondent nie czyta dokładnie (lub wogóle) nawet i tych tekstów standardowych a jedynie wyławia z nich raport czy minimum innych niezbędnych danych i odpowiada własnymi.

Uwaga ta nie dotyczy oczywiście łączności w zawodach albo z obleganymi stacjami DX-owymi ani łączności JT65 podporządkowanych wymogom ściśle sformalizowanego protokołu.

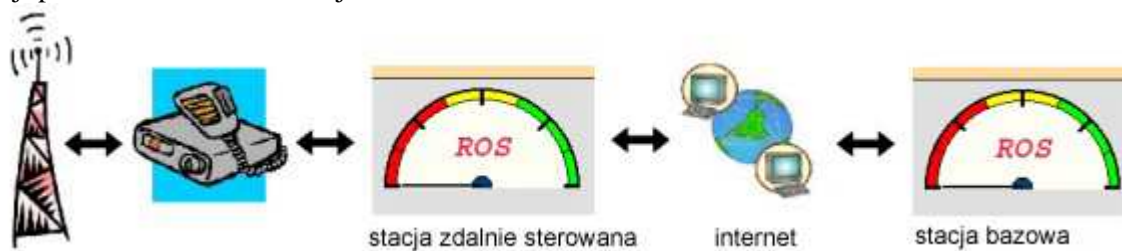
Podanie w konfiguracji i w tekstach standardowych własnego adresu elektronicznego pozwala programowi na wymianę potwierdzeń łączności przez internet ale w skrajnym przypadku internetowa wymiana danych może się stać intensywniejsza od radiowej dlatego też warto zastanowić dobrze przed uruchomieniem tej funkcji.



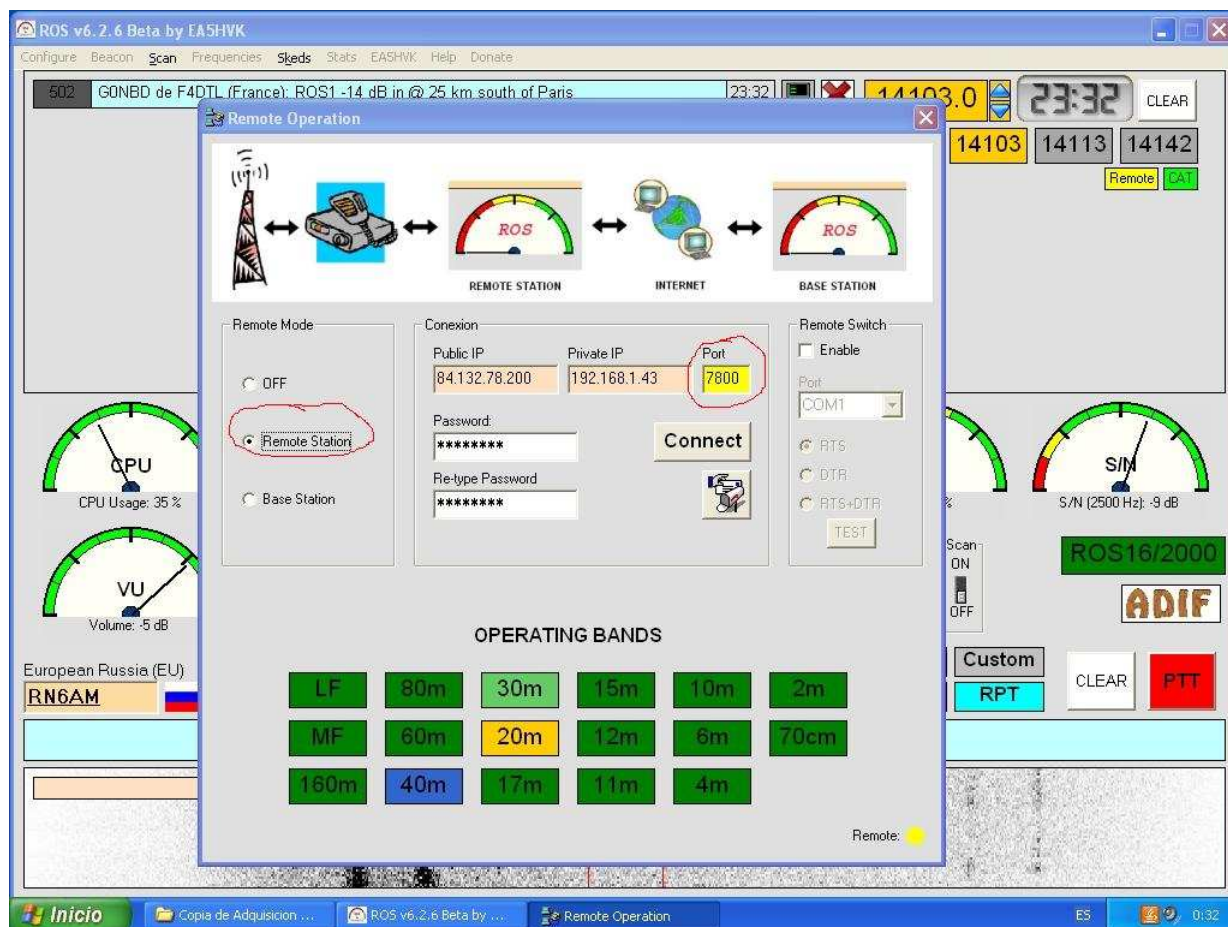
Rys. 3.3. Okno konfiguracji

Sposób połączenia radiostacji z komputerem jest i tutaj identyczny jak dla PSK31 i innych emisji cyfrowych. Autor programu radzi jednak aby zrezygnować z wąskopasmowych filtrów w odbiorniku (należy wybrać jedynie filtr SSB o paśmie przenoszenia ok. 2,7 – 2,8 kHz) i aby wyłączyć ARW. Analogicznie jak dla PSK31 i wielu innych emisji cyfrowych nadajnik powinien byćysterowany tak, aby automatyczna regulacja mocy (ALC) nie powodowała jej ograniczenia i związanych z tym zniekształceń obwiedni sygnału.

Cenną właściwością programu jest możliwość skonfigurowania go do zdalnej obsługi radiostacji przez internet. Pozwala to na korzystanie ze stacji o korzystniejszej lokalizacji a więc mających lepsze warunki antenowe lub znajdujących się w miejscu o wyraźnie niższym poziomie zakłóceń. Sposób konfiguracji przedstawiono na ilustracji 3.4.



Rys. 3.4. Praca stacji zdalnej



Rys. 3.5. Okno konfiguracyjne stacji zdalnej

Instrukcja do programu

Argo

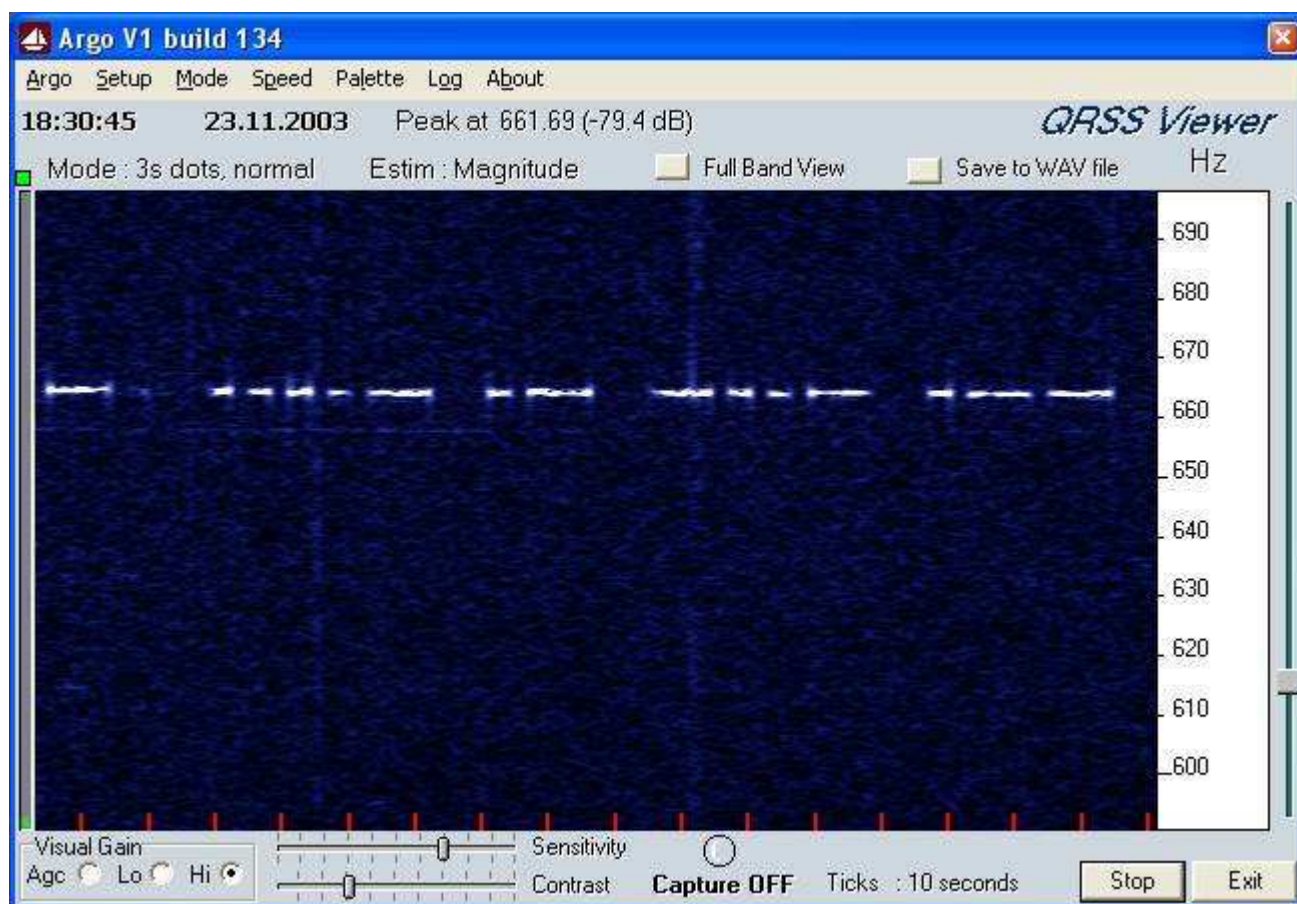
autorstwa Alberta di Bene I2PHD

Wstęp

Argo (obecnie dostępny w wersji 1.34) jest programem przeznaczonym do wyświetlania na ekranie odbieranych sygnałów QRSS, FSKCW, DFCW, Slowfeld i innych. Program nie dekoduje odbieranej informacji a jedynie wyświetla przebieg sygnałów w funkcji czasu i częstotliwości. Rozpoznanie i zrozumienie treści należy – podobnie jak w przypadku klasycznej telegrafii Morse'a – do operatora. Jedyłą różnicą jest to, że nie posługuje się on w tym przypadku słuchem a wzrokiem.

Wymienione emisje charakteryzują się niską szybkością transmisji danych co pozwala na skuteczny odbiór bardzo słabych sygnałów. W telegrafii QRSS długość kropki leży w zakresie od jednej do kilkadziesiąt sekund przy czym jednym z często stosowanych standardów zwłaszcza na falach długich jest przyjęcie długości kropki wynoszącej 3 sekundy (ilustracja poniżej).

Odpowiednio do czasu trwania kropki stosuje się oznaczenia QRSS3 dla 3 sekund, QRSS10 dla 10 itd. W procesie filtracji i rozpoznawania sygnałów wśród szumów i zakłóceń program posługuje się szybką transformatą Fouriera (FFT).



W telegrafii FSKCW (FSCW) nadawany jest sygnał dwuczęstotliwościowy – o częstotliwości spoczynkowej transmitowanej pomiędzy elementami znaku telegraficznego i o częstotliwości pracy w trakcie ich trwania. Różnica obu częstotliwości wynosi przeważnie około 5 Hz. Ilustracja poniżej zawiera dodatkowo podpis ułatwiający zrozumienie zasady transmisji. Na ilustracji tej i następnych osią częstotliwości jest oś y.



System z kluczowaniem częstotliwości DFCW (na ilustracji poniżej widoczny jest znak DL6JAN) polega na przyporządkowaniu kropkom i kreskom znaku telegraficznego dwóch różnych częstotliwości –

przeważnie różniących się o kilka Hz – przy czym długość obu elementów jest identyczna. Przyjęto się, że kresce odpowiada częstotliwość wyższa. Dzięki skróceniu długości kreski i odstępów uzyskiwane jest zwiększenie efektywnej szybkości transmisji. Oznaczenia systemu DFCW oparte są na tej samej zasadzie co w przypadku QRSS: DFCW oznacza czas trwania kropek i kresek równy 1 sekundzie, DFCW3 – 3 sekundom itd.

Odmianą systemu DFCW jest DFCWi, w którym stosowana jest trzecia częstotliwość – spoczynkowa, odpowiadająca przerwom międzyelementowym. Krótkofalowcy brytyjscy stosują ją m.in. w radiolataraniach mikrofalowych.



Długie czasy trwania elementów znaku telegraficznego powodują, że jego odbiór na słuch jest niemożliwy i najkorzystniejszą możliwością pozostaje obserwacja wzrokowa. Dlatego też zarówno czasy trwania elementów jak i odstępy częstotliwości lub inne parametry transmisji nie są krytyczne. Podobnie jak w przypadku słuchowego odbioru telegrafii inteligencja operatora decyduje o rozpoznaniu sygnału wśród szumów, zakłóceń i zaników i o jego prawidłowym zrozumieniu.

Poza transmisją telegraficzną stosowana bywa powolna transmisja w systemie Hella – Slowfeld należąca do gatunku S/MT-Hell. W odróżnieniu od podstawowej normy Feldhell każdej linii znaku odpowiada inna częstotliwość przy czym różnica kolejnych częstotliwości wynosi najczęściej 1 – 1,5 Hz ale nie jest to również wartość krytyczna. Podział liter na elementy (pola) jest zasadniczo podobny jak w przypadku normy podstawowej ale odczyt w dziedzinie częstotliwości pozwala na stosowanie dowolnych innych krojów czcionek i sposobu ich podziału na elementy a nawet większej liczby linii przykładowo 14 lub 16 zamiast 7.

Dzięki zastosowaniu różnych częstotliwości tekst jest czytelny bezpośrednio na wskaźniku wodospadowym czyli może być również odczytywany na wskaźniku programu Argo i podobnych. Czas trwania każdego z elementów znaku leży najczęściej w granicach od 0,1 do 0,5 sekundy chociaż stosowane bywają czasy dłuższe od 1 do 5 sekund. Również i w przypadku tej emisji dobór parametrów transmisji jest dowolny i zależny od decyzji operatora. Jednym z typowych czasów trwania elementu jest 0,5 sekundy co odpowiada ok. 3 znakom (literom) na minutę.



Oprócz przedstawionych powyżej emisji należących do klasycznych niektórzy operatorzy stosują też kilka innych emisji graficznych. Ze względu na sposób reprezentacji symboli można je uznać za pokrewne do emisji Hella niezależnie od znaczenia nadawanych symboli.

W pierwszej z nich kropki i kreski alfabetu Morse'a są reprezentowane za pomocą ukośnych kreski przy czym kreska nachylona w prawo oznacza kropkę, a nachylona w lewo – kreskę. Na trzech kolejnych ilustracjach widoczny jest jako przykład znak DL6JAN w różnych postaciach.



Inną możliwością jest zastąpienie kropek i kresek przez trójkąty. W systemie tym trójkąt zwrócony bokiem do góry oznacza kreskę a wierzchołkiem – kropkę. Reprezentacja ta jest łatwa do zapamiętania – wystarczy jedynie uwzględnić elementy znajdujące się na górnej krawędzi trójkątów.



Dla ułatwienia odczytu kreski i kropki można także nadawać w postaci wężyków jak to widzimy poniżej.



Czasami zamiast tekstów nadawane są dowolne przebiegi: sinusoidalne, trójkątne, piłokształtne, prostokątne, schodkowe lub bardziej ozdobne. Konieczne jest wówczas jednak włączenie pomiędzy nie znaku wywoławczego nadawanego dowolnym rodzajem emisji (tak jak tego wymagają przepisy) oraz publiczne zawiadomienie potencjalnego grona odbiorców o przeprowadzanych eksperymentach, tak aby mogli oni prawidłowo rozpoznać nadawcę nawet bez czekania na transmisję jego znaku wywoławczego. Przykład takiego przebiegu przedstawiony jest poniżej.



Podstawową korzyścią płynącą z użycia niskich szybkości transmisji jest możliwość odbioru sygnałów w niekorzystnych warunkach – przy niskich stosunkach poziomu sygnału użytecznego do szumów i zakłóceń. Pozwala to na osiąganie dużych zasięgów przez stacje małej mocy – nawet mocy rzędu kilkudziesięciu do kilkuset mW, chociaż prowadzone były także eksperymenty z mocami leżącymi poniżej 1 mW. Przedłużenie czasu trwania elementu znaku oznacza zawężenie pasma sygnału i umożliwia odbiór słabszych sygnałów aniżeli przy większej szybkości transmisji.

Emisje te były stosowane w pierwszym rzędzie w zakresie długofalowym gdzie niska sprawność anten i ograniczenia ustawowe powodują, że stacje te można zaliczyć do klasy QRPp. W większości krajów europejskich i nie tylko dopuszczalna moc ERP w paśmie długofalowym wynosi 1 W, ale duża część stacji pracuje ze znacznie niższymi mocami promieniowania.

W ostatnich latach użycie emisji QRSS i podobnych rozpowszechniło się również w pasmach krótkofalowych gdzie czynna jest dość liczna grupa operatorów pracujących z mocami ułamków wata i osiągających mimo to zasięgi kontynentalne i międzykontynentalne. Oprócz prowadzenia zwykłych łączności rozpowszechnione są także prywatne radiolatarnie małej mocy.

Jako program nadawczy dla telegrafii QRSS i DFCW stosowany jest *QRS* autorstwa ON7YD a dla transmisji w systemie Hella – *Slowfeld* autorstwa G3PPT.

Argo wykorzystuje jedynie kanały wejściowe systemu dźwiękowego komputera dlatego też możliwe jest równoległe uruchomienie programu *QRS* – korzystającego z kolei tylko z wyjść. Użycie tego zestawu programów nie wymaga więc wyposażenia komputera w dodatkowy podsystem dźwiękowy.

Krótkofalowcy uruchamiają także eksperymentalne radiolatarnie małej mocy pracujące emisjami QRSS, FSKCW, DFCW lub graficznymi. Sygnały kluczujące są w nich generowane przez mikrokontrolery. Najczęściej są to popularne i niedrogie mikrokontrolery z serii PIC (16F84, 16F628) lub AVR (ATTiny45). Radiolatarnie takie nie muszą być oczywiście w trakcie pracy połączone z komputerem PC.

Nazwa Argo pochodzi od znanego z mitologii greckiej statku Argonautów, który dowodzony przez Jazona udał się na wyprawę do Kolchidy po złote runo.

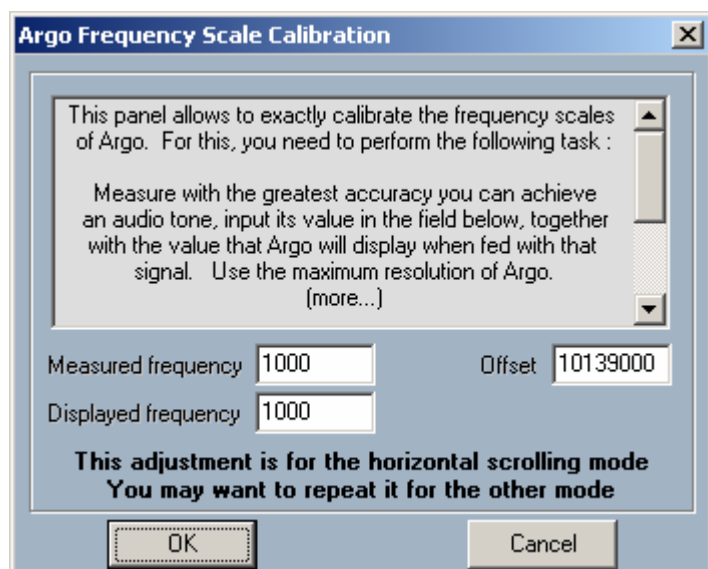
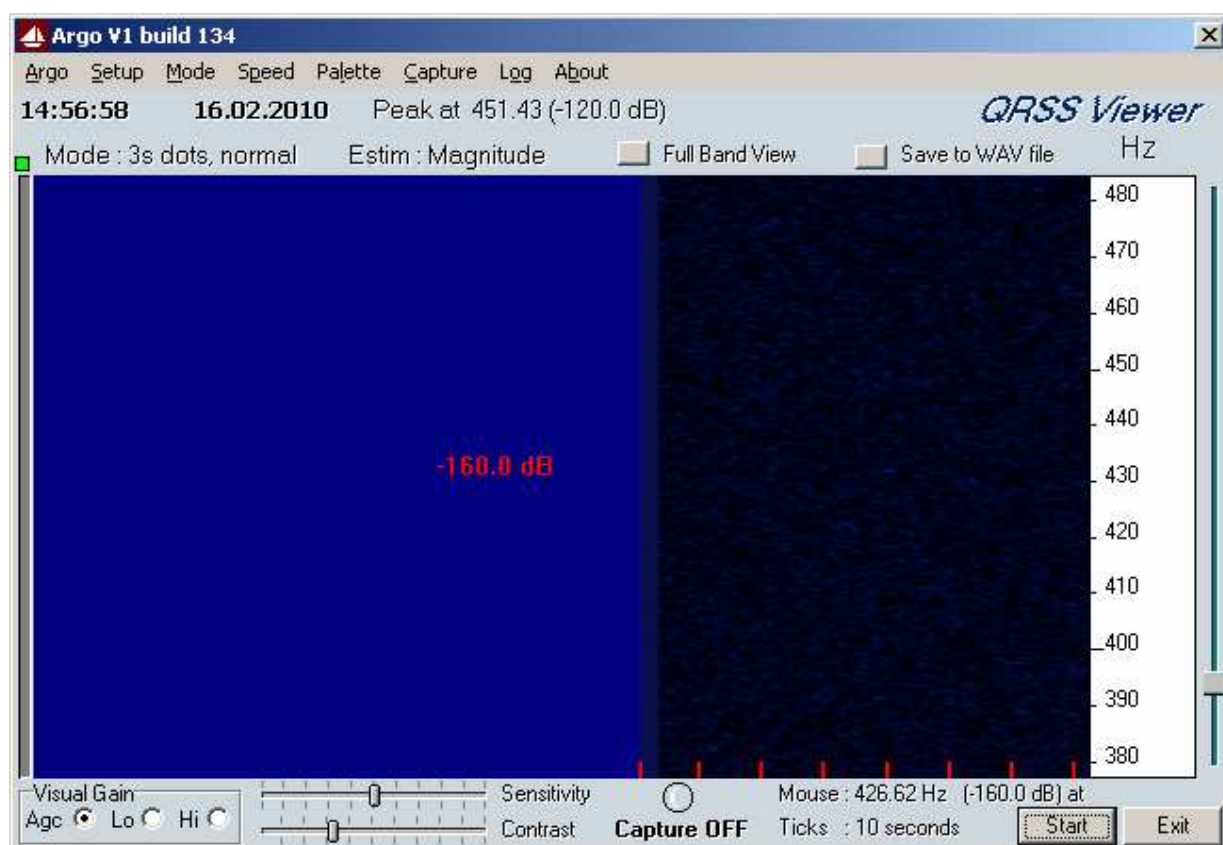
I2PHD jest zresztą również autorem programu terminalowego *Jason* przeznaczonego do prowadzenia łączności w zakresie fal długich oraz programów *SDRadio* i *Winrad* przeznaczonych do współpracy z odbiornikami programowalnymi SDR a także programu służącego do analizy i filtracji sygnałów m.cz. noszącego nazwę *Spectran*.

Spectran może być także używany w miejsce *Argo* do wizualizacji odbieranych sygnałów (patrz dodatek C).

Instalacja programu

W celu zainstalowania programu należy pobrać z witryny www.weaksignals.com jego samorozpakowującą się archiwum instalacyjne dla aktualnej wersji i wywołać je w sposób analogiczny jak się wywołuje programy w środowisku Windows.

W trakcie instalacji użytkownik musi jedynie podać nazwę katalogu, w którym chce zainstalować program. Program nie kopiuje żadnych plików do katalogów systemowych, jego usunięcie z komputera wymaga więc jedynie skasowania katalogu instalacyjnego.



Po zakończeniu instalacji należy wywołać program (plik Argo.exe) i dokonać jego konfiguracji. Okno główne programu widoczne jest na ilustracji powyżej.

Menu "Setup | Select Input | Real Time Input" ("Konfiguracja | Wybór wejścia | Sygnał w czasie rzeczywistym") powoduje otwarcie okna miksera Windows, w którym użytkownik może wybrać i włączyć kanał wejściowy oraz ustawić poziom sygnału docierającego z odbornika.

Menu „Setup | Calibration” („Konfiguracja | Kalibracja”) pozwala na podanie przyporządkowania częstotliwości odbieranej do wyświetlanej na skali. Domyślnie skala odpowiada częstotliwościom m.cz. ale wygodne może być wyświetla-

nie na niej rzeczywistych częstotliwości odbieranych. Przykład konfiguracji dla częstotliwości dostrojenia odbornika 10139,0 kHz przedstawiono na ilustracji.

Pola częstotliwości zmierzonej („Measured frequency”) i wyświetlanej na skali („Displayed frequency”) pozwalają na skorygowanie błędu częstotliwości wynikłego z odchyłki rzeczywistej częstotliwości próbkowania komputera od nominalnej i odchyłki rzeczywistej częstotliwości odbioru od wskazywanej na skali odbiornika. W celu jej usunięcia można przeprowadzić kalibrację w oparciu o odbiór jednej ze stacji częstotliwości wzorcowej, np. rosyjskiej RVM nadającej na częstotliwościach 4996, 9996 i 14996 kHz.

Menu konfiguracyjne zawiera także punkty służące do zapisu konfiguracji w pliku („Save settings as...”) oraz do wywołania dowolnego pliku konfiguracyjnego („Load settings from...”) albo konfiguracji domyślnej („Load default settings”). Pozwala to na przygotowanie przez użytkownika optymalnych konfiguracji dla poszczególnych pasm lub rodzajów emisji i wywoływanie ich w miarę potrzeb.

Program zapamiętuje automatycznie w momencie jego wyłączenia wszystkie bieżące zmiany konfiguracji i korzysta z nich po ponownym uruchomieniu.

Odbiór

Obsługa programu nie powinna przysparzać zasadniczych trudności. Argo jest programem stosunkowo prostym i wyposażonym jedynie w najważniejsze funkcje dzięki czemu nadaje się bardzo dobrze dla początkujących miłośników QRSS.

Przycisk ekranowy „Start” rozpoczyna wyświetlanie na ekranie odbieranych sygnałów. Po włączeniu wyświetlania funkcja przycisku ulega zmianie i służy on do jego wyłączenia. W menu „Mode” („Tryb”) dokonuje się wyboru szybkości przesuwania się danych na wskaźniku widma. Jest ona zależna od wybranego standardu telegrafii. Pozycja NDB oznacza szybkość telegrafowania stosowaną przez radiolatarnie lotnicze, a dalsze punkty pozwalają na wybór jednej z typowych szybkości transmisji QRSS (podany w menu czas odnosi się do czasu transmisji kropki od 3 do 120 sekund, czas trwania kreski jest oczywiście trzykrotnie dłuższy). Menu to pozwala także na wybór wycinka pasma.

Dla pełnego pasma (zaznaczona pozycja „Band view”) wskaźnik przesuwa się z góry na dół jak zwykle w przypadku wskaźników wodospadowych. Wyświetlana u góry pozioma skala może być przesuwana (przeciągana) za pomocą myszy i w ten sposób użytkownik wybiera do wyświetlania pożądaną podzakres. Usunięcie zaznaczenia powoduje wyświetlenie pionowej skali po prawej stronie. Zawartość okna przesuwa się z prawej strony na lewą a więc wskaźnik staje się praktycznie wskaźnikiem kurtynowym. Wyświetlany jest znacznie węższy wycinek pasma a do jego wyboru (przesuwania skali) służy znajdujący się po prawej stronie suwak. Do włączenia wyświetlania pełnego pasma służy także znajdujący się u góry okna przycisk ekranowy.

Opisaną w poprzednim punkcie kalibrację skali należy przeprowadzić oddzielnie dla każdego z obydwu trybów pracy wskaźnika.

Kolor wyświetlanych na ekranie sygnałów zależy od ich siły przy czym użytkownik ma do wyboru dwie skale jasności: liniową („Spectral estimator | Magnitude”) proporcjonalną do napięcia sygnału i kwadratową („Spectral estimator | Magnitude squared”) proporcjonalną do jego mocy. Wybór skali zależy od konkretnej sytuacji i warto go prosto wypróbować. Skala liniowa (napięciowa) daje mniejszy kontrast ale może okazać się dogodniejsza w trakcie przeszukiwania całego pasma.

Dla uzyskania możliwie wyraźnego obrazu przewidziana jest dodatkowa regulacja wzmocnienia (jasności) i kontrastu za pomocą suwaków znajdujących się u dołu okna. Oprócz tego program jest wyposażony w automatyczną regulację wzmocnienia („AGC”) i dwustopniowy przełącznik czułości („Hi”/”Lo”).

Ostatnie dwa punkty menu „Mode” („Tryb”) służą do wyboru długości znaczników czasu na ekranie: znaczników krótkich lub przechodzących przez cały wskaźnik.

Menu „Speed” („Szybkość”) służy do wyboru jednej z trzech szybkości odświeżania wskaźnika na ekranie.

Naciśnięcie wskaźnika sygnału lewym klawiszem myszy w trybie wyświetlania całego pasma powoduje zmianę położenia skali z pionowej na poziomą i odwrotnie. Częstotliwość wybrana za pomocą myszy znajduje się na środku zmienionej skali.

Naciskanie wskaźnika za pomocą prawego klawisza myszy powoduje zmianę trybu wyświetlania z pełnego pasma na wycinek i odwrotnie bez zmiany częstotliwości środkowej.

Przesuwanie myszy po powierzchni wskaźnika powoduje wyświetlanie częstotliwości i siły sygnału odpowiadającej położeniu wskaźnika myszy.

Punkt odniesienia 0 dB może być ustawiony tak by odpowiadał poziomowi sygnału powodującemu nasycenie przetwornika a-c w komputerze lub też może odpowiadać dowolnemu poziomowi wybranemu przez użytkownika za pomocą myszy. Względna siła sygnału wyświetlana w pobliżu wybranej częstotliwości odnosi się jednak zawsze do pełnego zakresu przetwornika.

Pełne pasmo odbioru (w trybie pełnozakresowym) rozciąga się od 0 do 2756 Hz co odpowiada szerokości amatorskiego zakresu długofalowego.

Po lewej stronie okna znajduje się paskowy wskaźnik poziomu odbieranego sygnału informujący dodatkowo o przesterowaniu wejścia przez zmianę jego koloru z zielonego na czerwony. Powyżej umieszczony jest prostokątny wskaźnik informujący (poprzez zmianę koloru na czerwony) o przeciążeniu CPU. Stan ten nie niesie ze sobą żadnego niebezpieczeństwa dla komputera i pracy programu a jedynie oznacza, że szybkość odświeżania ekranu może nie nadążać za potrzebami i że wyświetlana będzie tylko część informacji.

Siła odbieranego sygnału powinna być dobrana tak, aby wskaźnik Argo znajdował się pomiędzy 25 i 50% skali.

Pierwsze próby

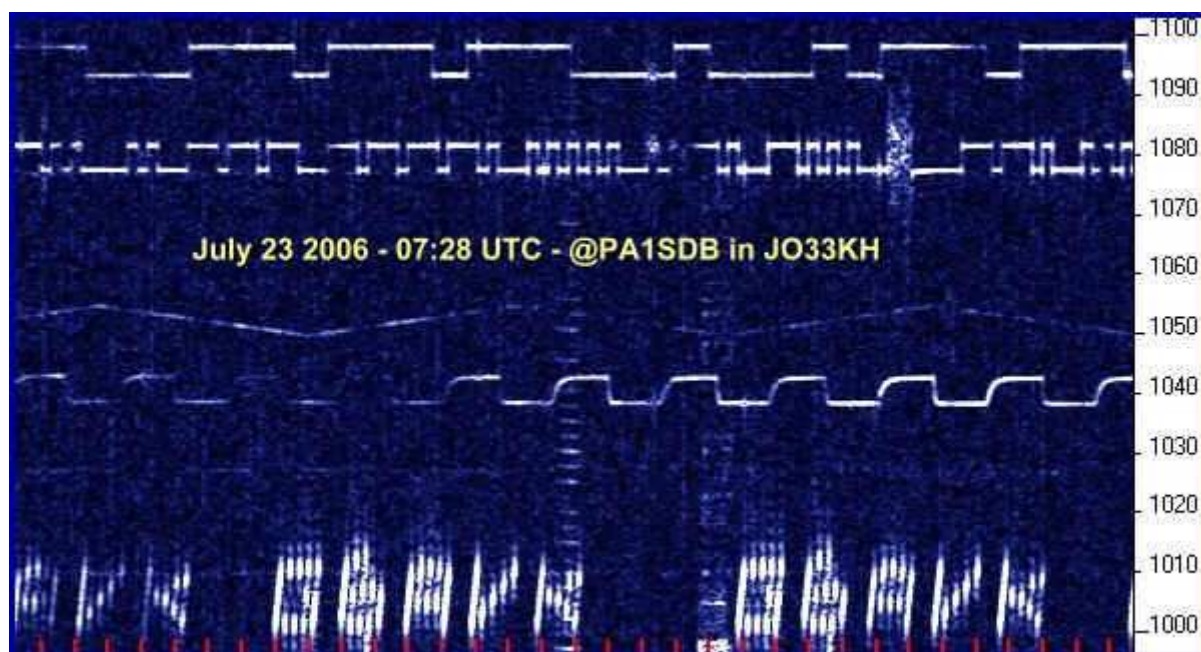
W celu zdobycia początkowych doświadczeń w korzystaniu z programu i w odbiorze telegrafii QRSS lub innych omówionych najlepiej jest nastawić odbiornik na górną wstęgę (USB) i dostroić go do częstotliwości (wytłumionej nośnej) równej 10139,0 kHz. Po uruchomieniu Argo należy następnie wybrać tryb QRSS3 (czas trwania kropek 3 sekundy) i nacisnąć na ekranie przycisk „Start”. Wybór wariantu telegrafii decyduje o szybkości przesuwania się zawartości wskaźnika i można go oczywiście dowolnie zmieniać aby uzyskać optymalne wskazania interesujących dla operatora sygnałów.

Siłę sygnału należy ustawić za pomocą pokrętki siły głosu w odbiorniku albo także i za pomocą miksera Windows aby wskaźnik paskowy po lewej stronie okna Argo znajdował się w zakresie 25 – 50% skali. W konfiguracji Argo należy wybrać wskaźnik kurtynowy (wycinek pasma) i za pomocą suwaka widocznego po prawej stronie ustawić skalę tak aby w oknie był wyświetlany podzakres 1000 – 1100 Hz lub (po podaniu w konfiguracji częstotliwości nośnej 10139,000 kHz) – podzakres 10140,000 – 10140,100 kHz. Następnie należy oczekiwać na odbiór sygnałów. Pasma 30 m jest wykorzystywane przez stosunkowo dużą liczbę stacji QRSS i często panują w nim dogodne warunki propagacji dlatego też jest ono najlepiej predystynowane do zdobywania pierwszych doświadczeń.

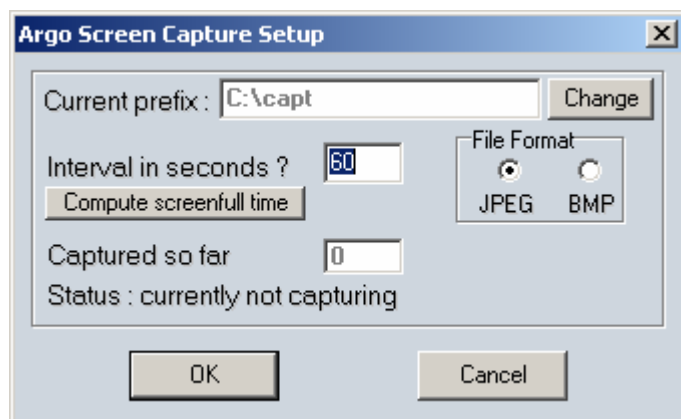
Po pojawieniu się na ekranie odbieranych sygnałów można przystąpić do systematycznego wypróbowywania poszczególnych funkcji programu.

Wygodna metoda dekodowania telegrafii nawet przez osoby jej nieznaące podana jest w dodatku B.

Na ilustracji poniżej przedstawiona jest przykładowa sytuacja odbioru sygnałów kilku stacji pracujących z różnymi rodzajami emisji i sygnałów. Podpis został dodany później.



Rejestracja graficzna na dysku



Argo posiada funkcję zapisu zawartości okna w pliku w ustalonych przez operatora odstępach czasu. Są one podawane w menu „Capture | Setup” („Rejestracja | Konfiguracja”). Oprócz tego w oknie konfiguracyjnym podawany jest katalog dla zapisywanych plików i początek ich nazwy oraz format pliku (*jpg* lub *bmp*). Program automatycznie uzupełnia nazwę pliku o pięciocyfrowy numer bieżący.

Do zmiany katalogu służy przycisk „Change” natomiast przycisk „Compute screenfull time” ułatwia wybór odstępu czasu podając

czas zapełnienia się pola wskaźnika dla bieżących ustawień. Maksymalna długość odstępu pomiędzy kolejnymi rejestracjami może wynosić 99999 sekund czyli ponad jeden dzień.

Objętość plików w formacie *bmp* wynosi w przybliżeniu 1 MB natomiast dla *jpg* – około 100 kB, zależnie od treści obrazu dlatego też korzystniejsze jest używanie tego drugiego formatu. W celu uniknięcia zafałszowań obrazów zaleca się ustawienie w konfiguracji systemu Windows liczby kolorów przekraczającej 256.

Punkty „Start” i „Stop” w menu rejestracji oraz sygnalizator rejestracji poniżej wskaźnika sygnałów służą odpowiednio do jej włączenia lub wyłączenia natomiast punkt „Capture now” w menu powoduje jednorazowy zapis aktualnego stanu.

Zapis w formacie graficznym funkcjonuje także wówczas gdy okno programu jest zasłonięte przez inne okna. W momencie zapisu okno programu jest wyświetlane przez krótką chwilę na tle pozostałych po czym wraca na swoją pozycję pod spodem.

Rejestracja i odczyt dźwięku

Odbierane sygnały dźwiękowe mogą być też rejestrowane na dysku w formacie *wav*. Plik ten można później odtwarzać dowolną ilość razy w dogodnych momentach. Argo korzysta z częstotliwości próbkowania 22050 Hz w trakcie odbioru radiolatarni NDB, 11025 Hz – w trakcie odbioru pełnego pasma i 5512 Hz w trakcie odbioru jego wycinka dla pozostałych norm QRSS (od 3 do 120 sekund). Zapis w pliku *wav* jest dokonywany tylko w trakcie korzystania z częstotliwości próbkowania 5512 Hz.

W trakcie zapisu nie można zmieniać ustawień na wymagające innej częstotliwości próbkowania. Po włączeniu zapisu w oknie wyświetlane są przyciski służące do jego przerwania („Pause”), wznowienia („Resume”) lub zakończenia („Stop”).

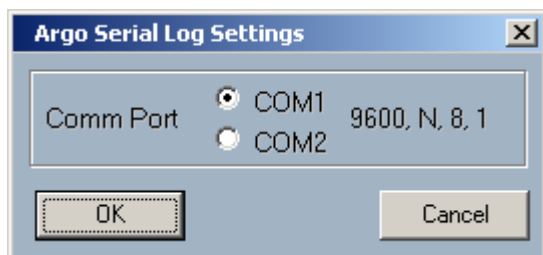
W celu odtworzenia zapisanych sygnałów należy posłużyć się menu „Setup | Select Input | Open Wave File...” („Konfiguracja | Wybór sygnału | Otwórz plik wave...”) i wybrać pożądany plik. Musi być to plik monofoniczny zapisany z częstotliwością próbkowania 5512 Hz i zarejestrowany przez Argo lub inny program odbiorczy. W trakcie odtwarzania nie można dokonywać zmian ustawień pociągających za sobą zmianę częstotliwości próbkowania stosowanej przez Argo (tzn. trybu wyświetlania lub norny odbieranych sygnałów).

Funkcja rejestracji jest dostępna w dalszym ciągu w trakcie odtwarzania dzięki czemu możliwe jest wybranie fragmentu pliku dźwiękowego i zapisanie go w innym.

W czasie odtwarzania pliku użytkownik może także wybrać szybkość przesuwania się danych na wskaźniku („Throttle”) za pomocą przycisków „Normal” (szybkość zbliżona do zwykłego odbioru) lub „Full” (maksymalna szybkość możliwa na danym komputerze). W tym ostatnim przypadku znaczniki czasu na ekranie są wyłączone.

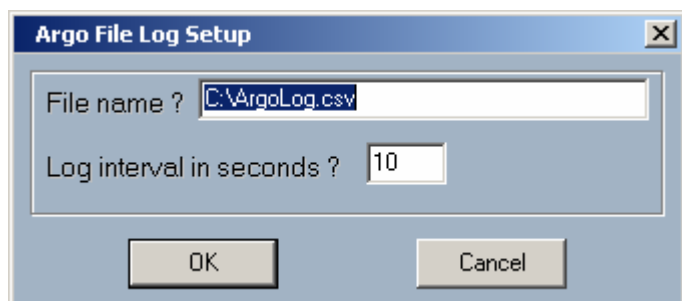
Dziennik pracy

Argo posiada również możliwości prowadzenia dziennika pracy w kilku wariantach. Do ich wyboru i konfiguracji służy menu „Log” („Dziennik”).



W wariantcie dla złącza szeregowego („serial”) dane nadawane są przez wybrane złącze COM1 lub COM2 z szybkością 9600 bit/s (bez bitu parzystości i z pojedynczym bitem stopu). Zawierają one częstotliwości 10 najsilniejszych sygnałów uporządkowane w kolejności ich siły. Dane te mogą być wykorzystane przykładowo do dekodowania sygnałów DFCW przez inne programy lub do innych eksperymentów. Wyboru złącza dokonuje się w menu „Log | Setup serial log” („Dziennik | Konfiguracja dziennika szeregowego”).

Dane te nadawane są w następującym formacie: oznaczenie 'FDKDATA ' (8 bitów), czas w formacie HH:MM:SS (zależnym od ustawień systemowych i 10 słów dwójkowych zawierających uporządkowane częstotliwości sygnałów.



W wariantcie dla zapisu w pliku siła sygnałów dla wszystkich przedziałów częstotliwości jest zapisywana w formacie liczb oddzielonych za pomocą przecinków. Format ten może być odczytywany przez takie programy jak Excel czy Access. W konfiguracji użytkownik może wybrać nazwę pliku i odstępy czasowe pomiędzy kolejnymi zapisami. Okno konfiguracyjne dla zapisu tego rodzaju dziennika otwierane jest za pomocą menu „Log | Setup file log” („Dziennik | Konfiguracja dziennika w pliku”).

Do każdej z linii danych w dzienniku dodana jest data i czas w formacie zależnym od ustawień systemowych.

Po nich następuje częstotliwość początkowa, odstęp pomiędzy kolejnymi częstotliwościami, liczba danych w postaci całkowitej oraz odpowiadająca jej liczba danych w postaci liczb rzeczywistych.

Przykład:

"08/04/01 11:32:53",18.842,2.691650,560, 524.19,1113.27,1382.22,.....

Dodatek A

Niektóre częstotliwości pracy QRSS

Podane poniżej częstotliwości i podzakresy pracy stacji QRSS należy potraktować jako orientacyjne a w przypadku podania pojedynczej częstotliwości należy przeszukiwać jej okolice – na początek najlepiej w trybie wyświetlania całego pasma. Głównym podzakresem, w którym można spotkać najczęściej i względnie największą liczbę stacji jest pasmo 10 MHz a konkretnie jego wycinek o szerokości 100 Hz położony tuż poniżej podzakresu WSPR. Zasadniczo zasada taka, chociaż jeszcze nie stosowana mogłaby zostać przyjęta i dla wszystkich innych pasm amatorskich. Ze względu na rozpowszechnienie systemu WSPR byłoby to znaczne ułatwienie dla operatorów stacji pracujących innymi emisjami zapewniającymi łączności pomiędzy stacjami bardzo małej mocy.

Drugim interesującym ciągiem częstotliwości są podwielokrotne częstotliwości 28322 kHz. Jest on często stosowany przez prywatne radiolatarnie QRSS uruchamiane przez krótkofalowców włoskich. Okolice częstotliwości należących do wymienionego ciągu mogłyby stać się drugim standardem dla QRSS i pokrewnych emisji i to nie tylko dla radiolatarni ale także i dla prowadzenia łączności. Radiolatarnie QRSS są także czasami uruchamiane poza pasmami amatorskimi – w podzakresach przemysłowych takich jak 13560 kHz. Dzięki niskim mocom nadajników mogą one łatwo spełnić wymagania ustawowe dotyczące pasm przemysłowych i pracy w nich stacji nielicencjonowanych.

Najczęściej używane częstotliwości QRSS, FSCW i DFCW (dane orientacyjne):

10140,000 – 10140,100 kHz – główny i najczęściej używany podzakres

3540 kHz (~1/8 częstotliwości 28322 kHz)

3579 kHz

3585,0 do 3585,1 kHz

3588,0 do 3588,1 kHz

7000,0 do 7001,0 kHz

7037,0 do 7037,1 kHz

7080,5 kHz (~1/4 częstotliwości 28322 kHz)

10139,5 kHz

14096 kHz

14161 kHz (~1/2 częstotliwości 28322 kHz)

18105,0 do 18105,100 kHz, 18096 kHz

21241,5 kHz (~3/4 częstotliwości 28322 kHz)

24912 kHz

28322 kHz – w rzeczywistości pasmo od 28321 do 28323 kHz – używane przez sieć prywatnych włoskich radiolatarni QRSS3 i QRSS10 o mocach nadawania od 10 mW do 1 W

1919 kHz, 1843 kHz

13560 +/- 7 kHz – ogólnodostępne pasmo przemysłowe, należy zwrócić uwagę na aktualnie obowiązujące ograniczenia mocy dla stacji nie wymagających licencji

Długie fale 137600Hz – 137800Hz, najczęściej 137700Hz do 137750Hz, 440 lub 500 – 507 kHz w zależności od sytuacji prawnej w danym kraju.

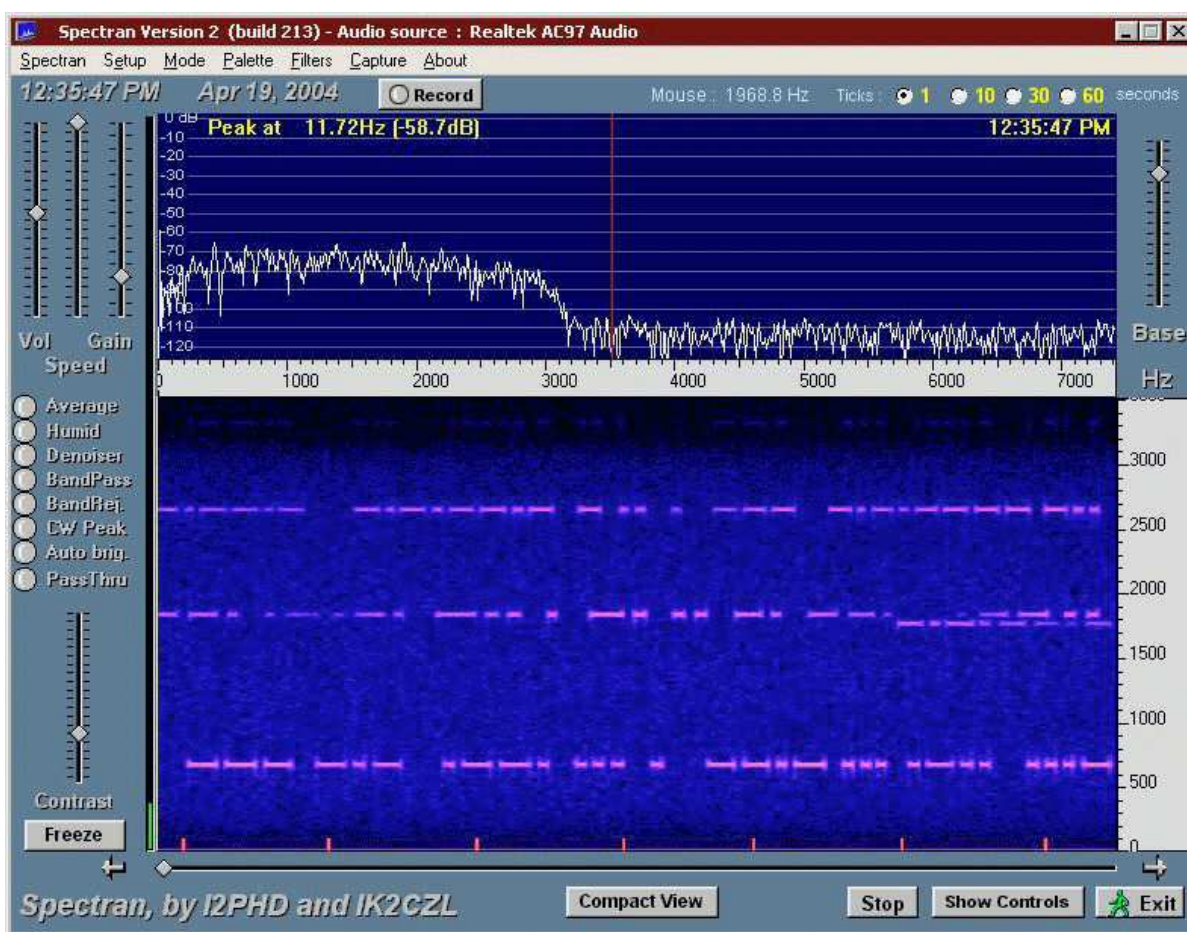
Dodatek C Spectran

Alternatywą dla Argo stanowi program Spectran opracowany przez tego samego autora – I2PHD i dostępny w internecie w tej samej witrynie co Argo. Pozwala on na wyświetlanie odebranych sygnałów na wskaźniku wodospadowym oraz ich wstępną obróbkę polegającą na filtracji, redukcji poziomu szumów, eliminacji sygnałów zakłócających w tym przydźwięku sieciowego itd.

Spectran pozwala na rejestrację w formacie *wav* zarówno sygnałów obrobionych jak i jeszcze nie przetworzonych przez komputer.

Jako wyposażony w większą ilość możliwości Spectran jest oczywiście trochę trudniejszy w obsłudze, dlatego też początkujący adepci QRSS powinni rozpocząć pracę od korzystania z Argo i ewentualnie dopiero później przejść na korzystanie ze Spectranu lub innych programów.

Na ilustracji poniżej przedstawione jest główne okno programu.



Instrukcja do programu



autorstwa Alberta di Bene I2PHD

Transmisja

W wersji 0.99 stosowane są następujące parametry sygnału:

- częstotliwość środkowa wynosi 800 Hz.
 - odstęp częstotliwości podnośnych jest równy 3-krotnej rozdzielczości FFT (84 mHz) czyli 252 mHz. co zapewnia w pewnym stopniu ich ortogonalność.
 - całkowita szerokość pasma wynosi 4,038 Hz.
 - transmisja pojedynczego tonu trwa 11,89 s (jest to odwrotność rozdzielczości FFT).
 - efektywna szybkość transmisji wynosi 2,5 zn./min, a więc przewyższa szybkość transmisji QRSS.
- W tabeli 1 podane są wartości parametrów dla trzech możliwych szybkości transmisji

Szybkość	Czas transmisji tonu [s]	Odstęp tonów [Hz]	Szerokość pasma [Hz]	Szybkość transmisji [zn./min.] Tryb turbo wyłączony	Szybkość transmisji [zn./min.] Tryb turbo włączony
Wolna („slow”)	95,2	0,03	0,5	0,3	0,6
Normalna	11,9	0,25	4	2,5	5
Szybka („Fast”)	1,5	2	32	20	40

Szerokość pasma przepuszczania programu jest ok. 1,5 raza wyższa od szerokości sygnału i wynosi 6 Hz dla normalnej (standardowej) szybkości. Dostrojenie do odbieranego sygnału jest dokonywane za pomocą zaznaczenia lewym klawiszem myszy jego środka leżącego pomiędzy dwoma białymi liniami na wskaźniku znajdującym się u dołu po prawej stronie okna. Żółte linie wskazują granice pasma przenoszenia programu i po wybraniu sygnału są odpowiednio przesuwane, tak aby sygnał znajdował się w pobliżu środka pasma. Sygnały znajdujące się nawet częściowo poza filtrem programu nie są dekodowane.

Dla prawidłowego odbioru dryf częstotliwości nie powinien przekraczać rozdzielczości FFT czyli 84 mHz (0,084 Hz) w czasie 11,89 s. Zasadniczo tolerowane są niestabilności rzędu +/- jednego przedziału rozdzielczości ale dla pewności należy dążyć do utrzymania się w granicach przedziału.

Dla okresu 10 min. odchyłka częstotliwości nie powinna więc przekraczać

$$0,084 \text{ [Hz]} * 600 \text{ [s]} / 11,89 \text{ [s]} = 4,24 \text{ Hz}$$

co oznacza, że w paśmie 136 kHz stabilność względna wynosi $31 * 10^{-6}$. Zapewnienie tej samej stabilności bezwzględnej w pasmach krótkofalowych wymaga stosowania bardziej skomplikowanych rozwiązań układowych jak generatory pracujące w stabilizowanej temperaturze lub synchronizowane za pomocą wzorców częstotliwości.

Menu konfiguracyjne („Options”)

Menu konfiguracyjne zawiera następujące podpunkty:

- „Select audio input...” – wybór wejścia sygnału m.cz. Wyświetlany jest mikser systemu Windows pozwalający na wybór wejścia i ustawienie poziomu sygnału.
- „Read from WAV file...” – wybór pliku w formacie wav przeznaczonego do odtwarzania przez program. Pliki muszą być zarejestrowane z częstotliwością próbkowania 11025 Hz.
- „Read from JAS file...” – wybór pliku w formacie JAS. Pliki te zawierają sygnał zarejestrowany w postaci dwóch składowych: synfazowej I i kwadraturowej Q.
- „Jas recording setup...” – wybór pliku do rejestracji w formacie JAS i ścieżki dostępu do niego.
- „Wav recording setup...” – wybór pliku i ścieżki dla rejestracji w formacie WAV.
- „Center frequencies...” – otwierane jest okno dialogowe pozwalające na niezależny wybór częstotliwości nadawania i odbioru w zakresie 500 Hz – 5000 Hz. Domyślnie jest to 800 Hz.
- „Speed” – wybór jednej z trzech podanych powyżej szybkości transmisji.
- „TX port” – pozwala na wybór złącza (rodzaju modemu) stosowanego przez program w trakcie nadawania.

- „TX shift mult. factor...” – podaje wartość współczynnika powielania jeżeli stosowany jest układ powielający PLL. Jason redukuje dewiację w podanym stopniu.
- „Turbo mode...” – służy do włączania lub wyłączenia trybu turbo. Tryb ten pozwala wprawdzie na podwojenie szybkości transmisji jednak możliwe jest to tylko dla korzystnych odstępów sygnału od szumu.
- „TX LSB / TX USB” – wybór wstęgi bocznej używanej w trakcie nadawania. Musi być zgodna z wybraną w nadajniku.
- „RX LSB / RX USB” – wybór wstęgi bocznej dla odbioru.
- „Native decoder” – wybór własnego dekodera programu.
- „KK7KA decoder” – wybór dekodera KK7KA. W wersji 0.99 niedostępny ze względu na dostępność na starszej wersji, mogącej współpracować z wersją 0.94 Jasona.
- „Show frequency peaks” – służy do włączenia lub wyłączenia wskaźnika najwyższej częstotliwości sygnału odbieranego w granicach określonych za pomocą żółtych linii ograniczających.
- „Jimi Hendrix mode” – służy do włączenia lub wyłączenia ogranicznika zakłóceń impulsowych.
- „Capture trigger” – powoduje otwarcie okna dialogowego, w którym użytkownik wprowadza fragment tekstu powodujący włączenie automatycznej rejestracji tekstu. Pozwala to na pozostawienie stacji bez nadzoru w oczekiwaniu na odbiór sygnałów użytecznych. Tekst jest rejestrowany w pliku „Jason.log” znajdującym się w katalogu programu.
- „Beacon text from file” – Pozwala na wybór pliku *.txt zawierającego tekst radiolatarni.

Modemy

W torze odbiorczym Jason korzysta z systemu dźwiękowego komputera co wymaga jedynie połączenia gniazda głośnikowego lub słuchawkowego odbiornika z wejściem mikrofonowym lub linii za pomocą kabla ekranowanego. Należy też jak zwykle zwrócić uwagę na to aby nie przesterować wejścia komputera. Wskaźnik wysterowania widoczny po lewej stronie w oknie programu powinien dochodzić najwyżej do 50 %.

Odbierany sygnał jest widoczny na wskaźniku wodospadowym. Dla zapewnienia prawidłowego odbioru należy dostroić odbiornik tak aby znajdował się on w całości pomiędzy żółtymi liniami sygnalizującymi pasmo przenoszenia filtru programu. Dokładnego dostrojenia filtru należy dokonać za pomocą myszy w sposób opisany uprzednio lub skorygować częstotliwość środków filtru w menu.

W menu konfiguracyjnym ("Options") użytkownik może wybrać jeden z dwóch dostępnych dekodów: wewnętrzny lub dekodery KK7KA. Ten ostatni spisuje się lepiej w trudnych warunkach.

W torze nadawczym do dyspozycji stoją trzy warianty modemu:

- **zewnętrzny syntezer cyfrowy** sterowany za pośrednictwem złącza drukarki LPT1 lub LPT2.

Transmisja sygnalizowana jest za pomocą jedynki na nóżce *SelectionInput*.

- **zewnętrzny syntezer cyfrowy** sterowany za pośrednictwem złącza szeregowego COM1, COM2 lub COM3. Dane są transmitowane z szybkością 9600 b/s w formacie 8N1. Do kludżowania nadajnika służy sygnał RTS. Do sterowania modemem opracowanego przez ZLIBPU i zawierającego mikrokontroler firmy Atmel przewidziany jest specjalny format, w którym do sterowania nadajnikiem służą polecenia T (nadawanie), i X (odbiór) a numery poszczególnych częstotliwości są poprzedzone poleceniem A.

- **system dźwiękowy komputera**. Wyjście linii komputera jest wówczas połączone z gniazdem mikrofonowym nadajnika. I w tym przypadku podobnie jak przy odbiorze należy unikać przesterowania – tym razem przesterowania modulatora. W menu konfiguracyjnym można wybrać dodatkowo współczynnik skalowania dewiacji. Domyślnie ma on wartość 1, ale w przypadku gdy sygnał w.cz. jest generowany za pomocą pętli synchronizacji fazy zawierającej dzielniki należy go dopasować do wypadkowego stosunku podziału.

Tabela częstotliwości

Standardowo częstotliwość środkowa sygnału wynosi 800 Hz i stosowane są następujące częstotliwości podnośnych (dla normalnej szybkości):

Kod Częstotliwość [Hz]

0	797.981
1	798.234
2	798.486
3	798.738
4	798.991
5	799.243
6	799.496
7	799.748
8	800.000
9	800.252
10	800.505
11	800.757
12	801.009
13	801.262
14	801.514
15	801.766
16	802.019

Instrukcja do programu



autorstwa Rika Strobbe ON7YD

Wstęp

QRS jest programem nadawczym dla wolnej telegrafii stosowanej często w paśmie fal długich i eksperymentalnie w zakresach krótkofalowych.

Jego najważniejszymi cechami charakterystycznymi są:

- wybór długości kropki od 1 sekundy do 1 godziny.
- transmisje QRSS (kluczowanie amplitudy nośnej jak w przypadku klasycznej telegrafii) lub DFCW – czyli z użyciem dwóch częstotliwości odpowiadających kropkom i kreskom alfabetu Morse'a – do włączania nadajnika, kluczowania częstotliwości w emisji DFCW i do kluczowania amplitudy w emisji QRSS wykorzystywane są przewody DTR i RTS złącza szeregowego (COM) lub przewody złącza drukarki (LPT) sterujące tranzystor wykonawczy. Przykładowy schemat układu kluczującego podano w dalszym ciągu instrukcji.
- oprócz bezpośredniego kluczowania nadajnika program generuje kluczowane sygnały m.cz. które mogą być doprowadzone do wejścia mikrofonowego nadajnika SSB.
- program jest wyposażony w pamięć dla 10 standardowych tekstów, każdego o długości do 250 znaków.
- każdy z tekstów może być powtarzany (także nieograniczoną liczbę razy) w zadanych odstępach czasu.
- transmisja wybranego tekstu może się rozpoczynać natychmiast lub z opóźnieniem.
- QRS wykorzystuje jedynie kanał nadawczy podsystemu dźwiękowego i może być w związku z tym używany równoległe z programami odbiorczymi takimi jak np. Argo lub Spectran. Pozwala to na prowadzenie QSO dodatkowo do transmisji tekstów radiolatarni.
- zbiór znaków alfabetu QRS obejmuje: A-Z 0-9 ? / . AR SK BK CT (@ = AR, \$ = SK, % = BK, * = CT)
- program jest wyposażony w funkcję sprawdzania prawidłowości kluczowania.
- funkcja QSK pozwala na prowadzenie zasluchu pomiędzy nadawanymi znakami.
- wybór stosunku długości kreski do kropki pozwala na skrócenie czasu transmisji do 20%.
- sygnalizacja akustyczna informuje operatora o nadchodzącym końcu transmisji.
- w trakcie transmisji QRS nadaje przez głośniki komputera ton podsłuchowy.
- na początku i na końcu transmisji QRSS/DFCW może być telegraficznie nadawany znak wywoławczy z szybkością od 6 do 15 słów/min.
- możliwość synchronizacji transmisji z odcinkami czasu o długościach 1, 2, 5, 10, 30 lub 60 minut.
- możliwość automatycznego uruchamiania po włączeniu komputera.

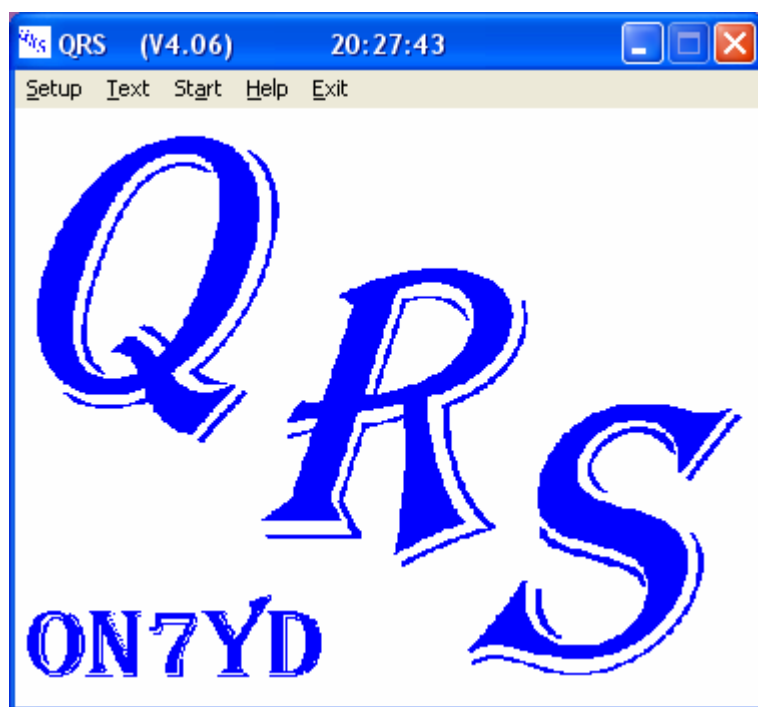
Autorem programu jest Rik Strobbe ON7YD. Jest on osiągalny pocztą elektroniczną pod adresem on7yd@uba.be.

Instalacja

Instalacja programu polega na rozpakowaniu skompresowanego archiwum do katalogu o dowolnej nazwie np. c:\programy\qrs. Po rozpakowaniu należy wywołać plik qrs.exe bezpośrednio lub za pomocą uprzednio założonego skrótu z pulpitu.

Okno główne

Po uruchomieniu programu otwierane jest okno główne, którego wygląd przedstawia poniższa ilustracja. Wszystkie funkcje programu są wywoływane za pomocą menu.



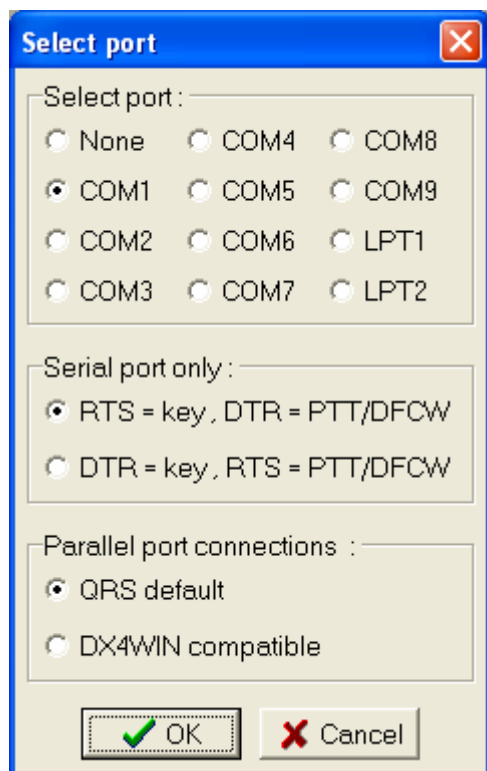
Konfiguracja

Po pierwszym uruchomieniu programu należy dokonać jego konfiguracji posługując się menu „Konfiguracja” („Setup”). Również w trakcie korzystania z QRS konieczne może być dopasowanie jego parametrów konfiguracyjnych do zmienionych potrzeb albo po prostu tylko zmiana nadawanych tekstów. Menu konfiguracyjne zawiera szereg omówionych dalej podpunktów, a każdy z nich otwiera okno dialogowe pozwalające na ustawienie odpowiednich parametrów. W trakcie pierwszej konfiguracji należy przejść po kolei przez wszystkie (opisane w tej samej kolejności) punkty menu. W przypadkach niejasnych w trakcie pierwszej konfiguracji można oprzeć się na wartościach domyślnych. Oczywiście bez właściwie wybranego złącza transmisja nie będzie możliwa ale wiele dalszych parametrów może na początek pozostać takimi jak je proponuje program.

Złącze szeregowe

(menu „Port”)

Do kluczkowania nadajnika oraz ewentualnie częstotliwości sygnału nadawanego – w zależności od rodzaju emisji – program wykorzystuje przewody RTS i DTR złącza szeregowego COM lub złącze drukarki LPT.



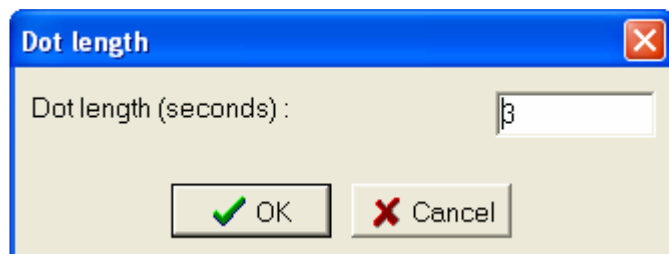
Podpunkt „Select port” powoduje otwarcie okna dialogowego, w którym należy w górnej ramce wybrać odpowiednie złącze (ang. *port*). Obecnie większość komputerów nie jest już wyposażona w złącze drukarki a często nie posiada także złącza szeregowego. W takim przypadku należy zastosować odpowiednią przejściówkę ze złącza USB. W razie potrzeby należy zainstalować dodane do niej sterowniki przed rozpoczęciem konfiguracji QRS tak, aby złącze to było naprawdę dostępne.

Dla złącza szeregowego należy następnie wybrać jedną z dwóch alternatyw wykorzystania przewodów sterujących RTS i DTR na złączu szeregowym. W przypadku pierwszym RTS służy do kluczkowania telegraficznego dla QRSS a przewód DTR do włączania nadajnika lub kluczkowania częstotliwości w emisji DFCW. W przypadku drugim przewody są wykorzystane w sposób odwrotny.

Przycisk „OK” oznacza potwierdzenie dokonanych zmian i powoduje ich przyjęcie przez program a przycisk „Cancel” ich odrzucenie i pozostawienie dotychczasowego stanu.

Szybkość transmisji

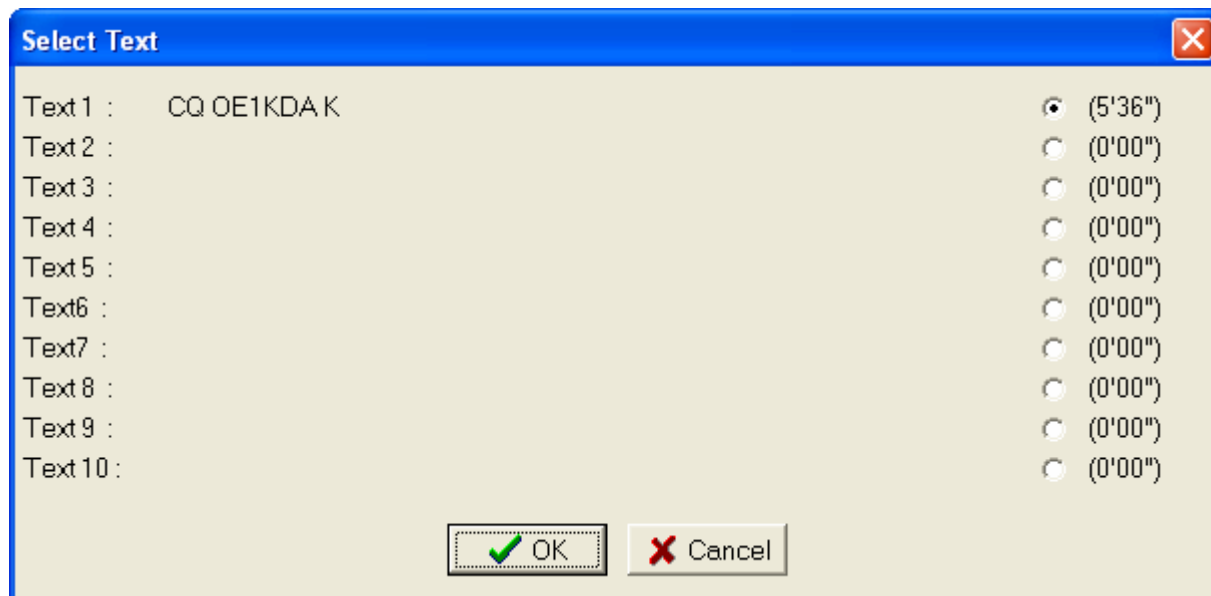
(menu „Speed”)



Szybkość transmisji telegraficznej jest ustalana przez podanie długości kropki w sekundach: od 1 sekundy do 1 godziny. W przypadku transmisji DFCW jest to zarówno długość kropki jak i kreski ponieważ są one rozróżniane na podstawie częstotliwości.

Teksty

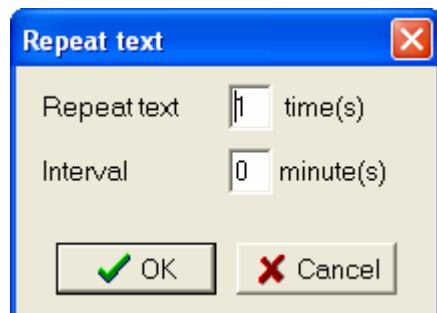
(menu „Text”)



Program pozwala na przygotowanie do 10 tekstów o długości do 250 znaków każdy i na wybór jednego z nich przeznaczonych do nadania. W oknie tekstów wyświetlany jest orientacyjny czas transmisji – zależny od wybranej szybkości.

Powtórzenia transmisji

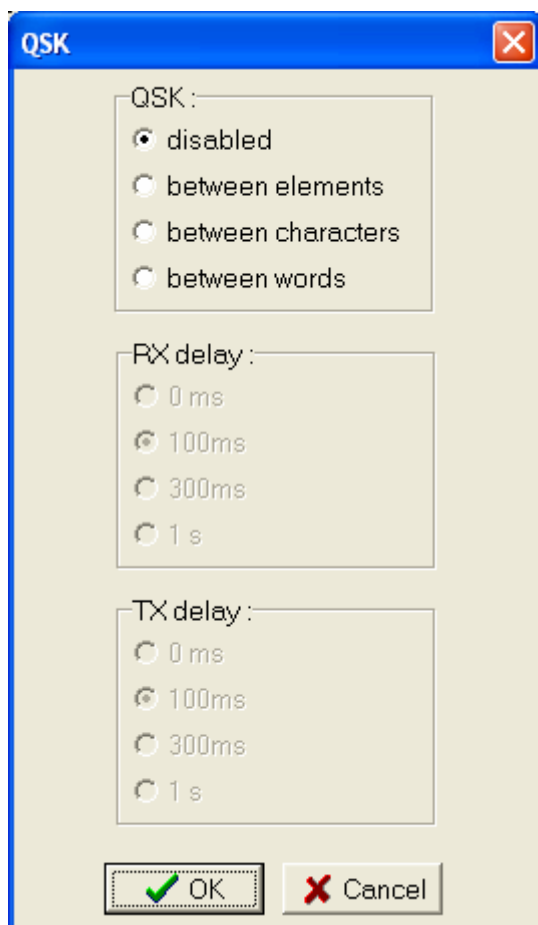
(menu „Repeat”)



Okno to pozwala na konfigurację transmisji typu radiolatarni. Podawana jest w nim liczba powtórzeń tekstu (pole „Repeat text”) i odstęp czasu pomiędzy transmisjami (pole „Interval”) w minutach.

Sposób pracy QSK

(menu „QSK”)



W oknie „QSK” konfigurowany jest sposób podsłuchu w trakcie transmisji. Może on być wyłączony (pole „disabled”), włączony pomiędzy elementami znaków („between elements”), pomiędzy literami („between characters”) lub pomiędzy słowami („between words”). W przypadku włączenia podsłuchu możliwy jest dodatkowo wybór opóźnienia przed przejściem na odbiór lub nadawanie (0, 100, 300 ms lub 1 sek.).

Emisja

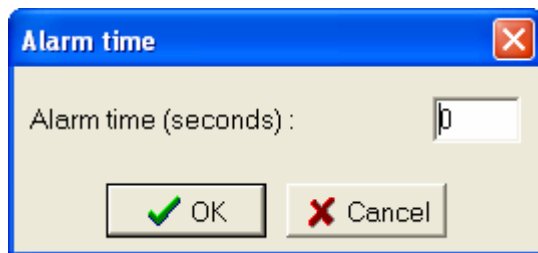
(menu „Mode”)



Okno wyboru emisji pozwala na włączenie wolnej transmisji telegraficznej (z kluczeniem amplitudy) QRSS i ze stosunkiem długości kreski do kropki trzy- lub dwukrotnym oraz telegrafii z kluczeniem częstotliwości DFCW. Efektywna szybkość transmisji w tym przypadku jest dobierana przez wybór długości odstepu między elementami znaku. Odstęp ten może mieć długość równą długości elementu („single space”), jego połowy („half space”) lub podwójną („double space”). Dzięki kluczeniu częstotliwości długości kropek i kresek są sobie równe i zgodne z podanymi w konfiguracji szybkości transmisji.

Alarm

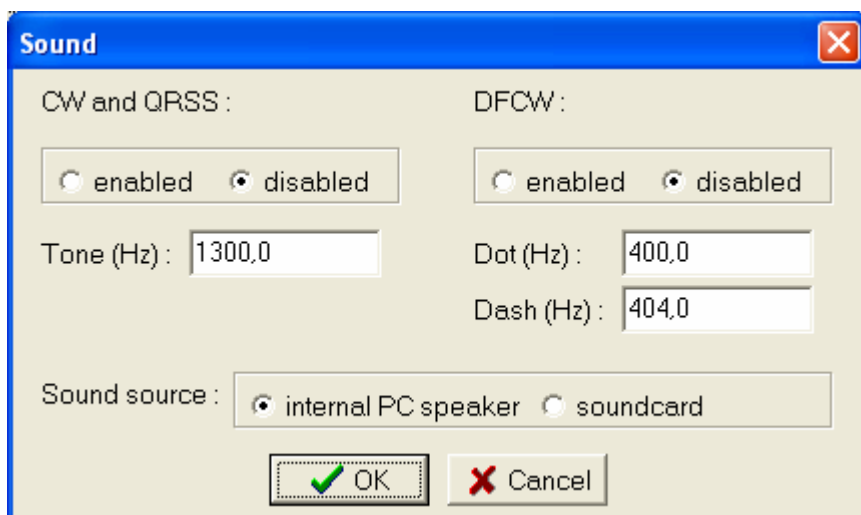
(menu „Alarm”)



W oknie tym podawany jest czas wyprzedzenia dla alarmu.

Podnośna m.cz.

(menu „Sound”)

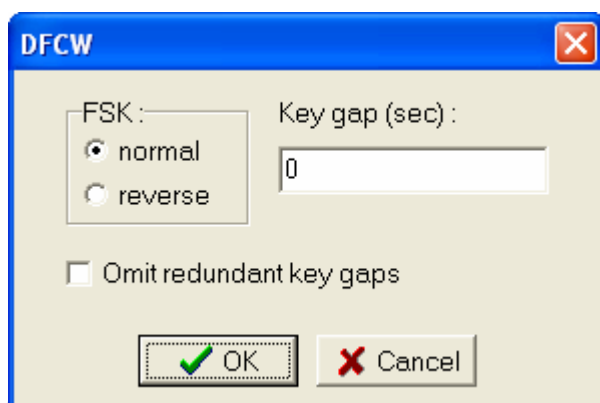


W oknie podnośnej podawane są częstotliwości podnośnych akustycznych wykorzystywanych do modulacji nadajnika SSB. Częstotliwości te podawane są oddzielnie dla telegrafii QRSS i transmisji znaku wywoławczego zwykłą telegrafią oraz dla telegrafii DFCW. W tym drugim przypadku podawane są dwie częstotliwości: dla kropek (niższa) i dla kresek (wyższa). Dla każdego z tych rodzajów emisji należy oddzielnie włączyć lub wyłączyć podnośną.

W dolnej ramce wybierane jest źródło dźwięku: wewnętrzny głośniczek komputera lub jego podsystem dźwiękowy.

Kluczowanie DFCW

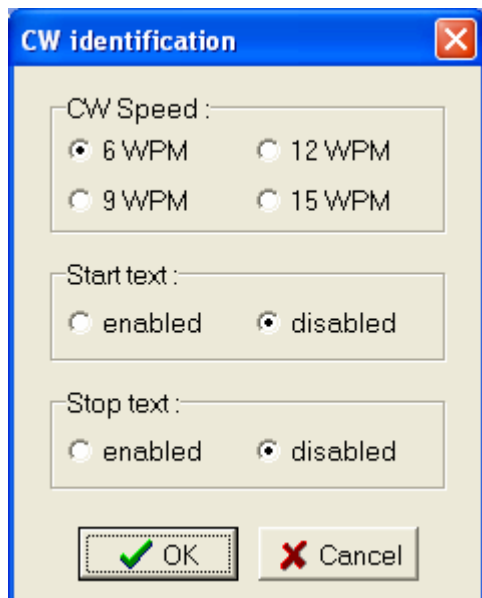
(menu „DFCW”)



Okno umożliwia wybór sposobu kluczowania (zwykłego lub odwróconego) i długości przerw w transmisji nośnej.

Transmisja znaku telegrafią

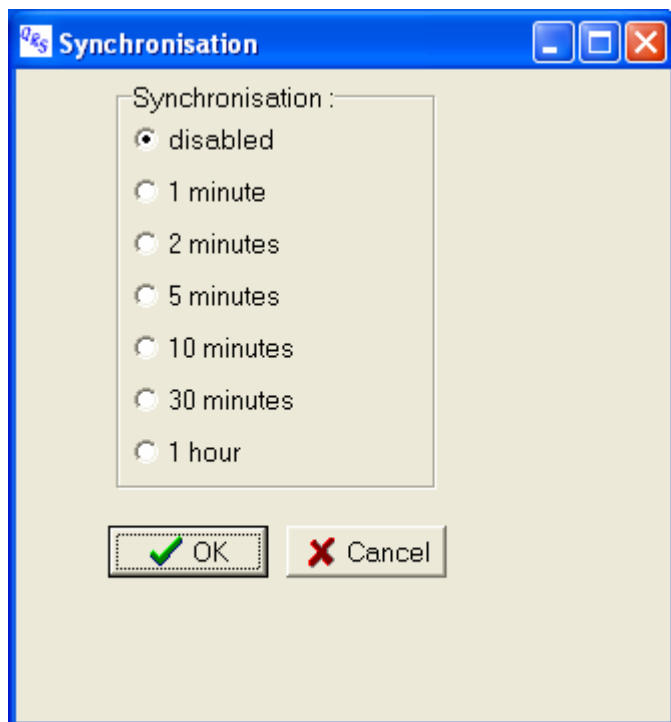
(menu „CW ID”)



W górnej ramce wybierana jest szybkość transmisji znaku wywoławczego dodatkowo do transmisji QRSS lub DFCW. W środkowej włączane lub wyłączane jest jego nadawanie na początku transmisji a w dolnej – na końcu.

Synchronizacja

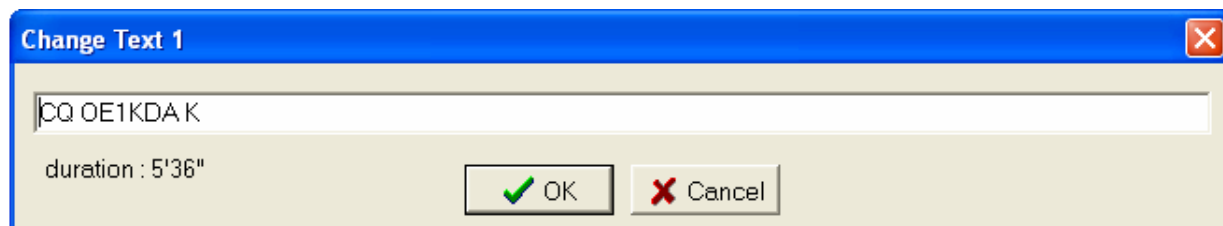
(menu „Sync.”)



W oknie tym wybierany jest rodzaj synchronizacji transmisji czyli synchronizacja z wybranym odcinkiem czasowym. W przypadku jej wyłączenia transmisja rozpoczyna się w dowolnej ustalonej w inny sposób chwili bez czekania na początek minuty lub innego odcinka. Dłuższe okresy synchronizacji mają sens tylko dla odpowiednio długich czasów trwania kropek.

Teksty

(menu „Text”)



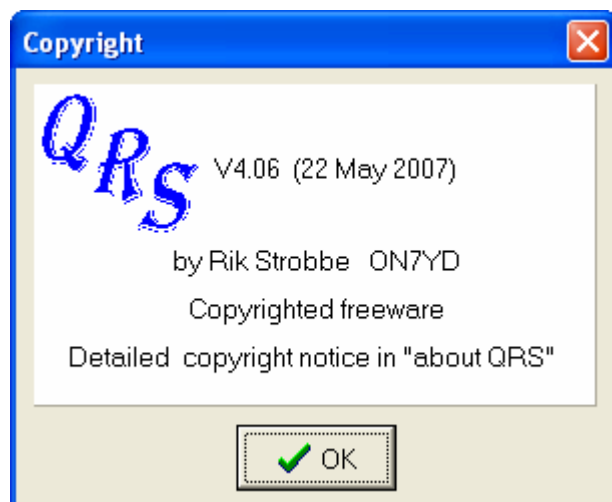
Okno służy do wprowadzenia tekstu. Jest ono otwierane za pomocą punktów menu z numerem tekstu („Text 1”, „Text 2” ... „Text 10”, „Start ID”, „Stop ID”). Ostatnie dwa podpunkty służą do wpisania tekstu nadawanego zwykłą telegrafią na początku i końcu transmisji.

Menu „Start”

Menu zawiera podpunkty „Now”, „Later”, „Test” i „QSO”. Służą one do rozpoczęcia transmisji natychmiast, z opóźnieniem, transmisji próbnej lub przejścia do trybu QSO.

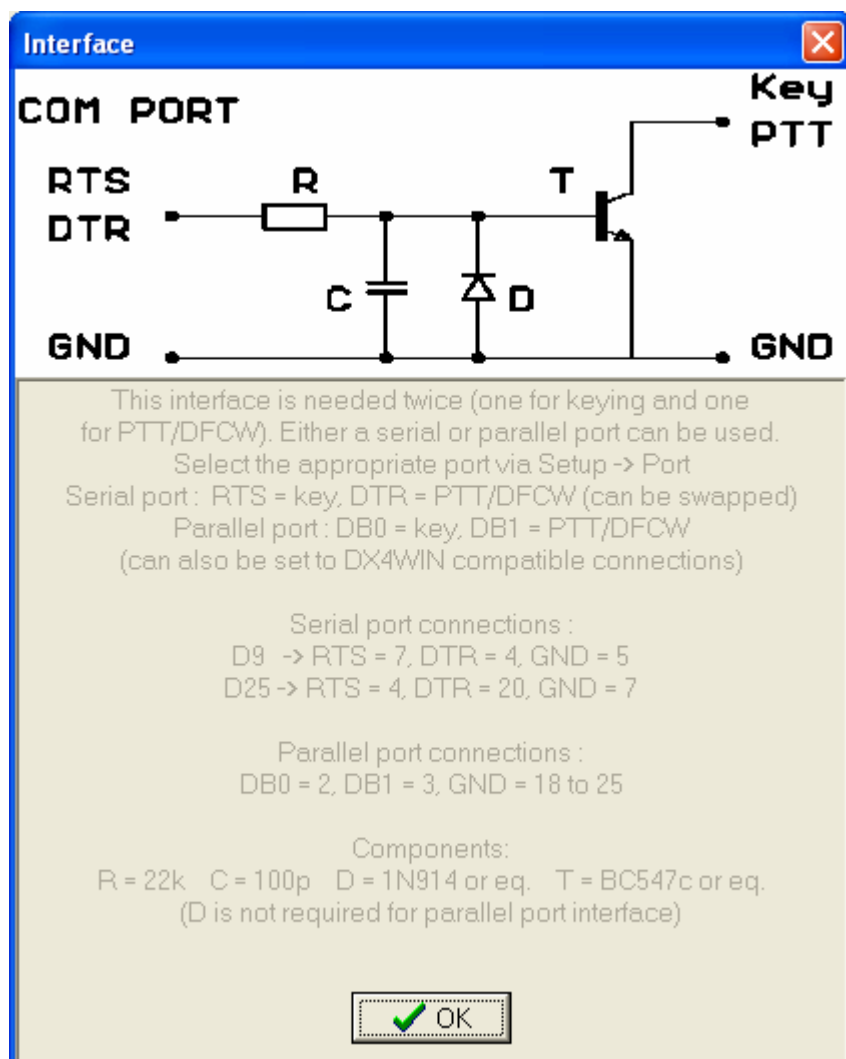
Menu „Pomoc”

(„Help”)



Pierwsze dwa punkty („Copyright” i „About QRS”) służą do wywołania informacji o autorze i programie.

Układ klucujący



W punkcie trzecim („Interface”) podany jest schemat prostych układów kluczących zawierających tranzystor wykonawczy z opornikiem ograniczającym prąd bazy i diodą zabezpieczającą go przed ujemnymi napięciami występującymi na złączu COM. Napięcia ujemne nie występują na złączu LPT więc w tym przypadku dioda nie jest potrzebna.

W oknie tym podane są połączenia na wtykach 9- i 25-kontaktowych złącza szeregowego i na złączu LPT oraz wartości elementów układu. Zarówno tranzystor npn jak i dioda mogą być dowolnego typu. W zależności od wybranego rodzaju emisji (QRSS, DFCW) i modulacji (kluczowanie telegraficzne, modulacja nadajnika SSB sygnałem m.cz.) potrzebny jest układ kluczący w jednym lub w dwóch wydaniach.

Operatorzy korzystający z innych rodzajów emisji cyfrowych np. PSK31 i posiadający już odpowiedni układ pośredniczący mogą korzystać z niego i nie potrzebują – pod warunkiem modulowania nadajnika SSB sygnałem m.cz. lub przejścia w radiostacji na transmisję telegraficzną dla QRSS – konstruowania dodatkowych układów.

Literatura i adresy internetowe

Spis do rozdziału 1

- [1] „WSPR – nowy sposób śledzenia propagacji”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, „Świat Radio” 6/2009, str. 27
- [2] www.sdrham.com – programy „Argo”, „Jason” i „Spectran”
- [3] f6cte.free.fr – program “MultiPSK”
- [4] www.qsl.net/on7yd/ – program nadawczy QRS autorstwa Rika Strobbe ON7YD
- [5] www.weaksignals.com – witryna Albertio di Bene I2PHD (programy „Argo”, „Spectran”, „Jason” i in.)
- [6] www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html – „Spectrum Lab” autorstwa DL4YHF
- [7] www.qsl.net/in3otd/glfer.html – „glfer” autorstwa Claudia Girardi IN3OTD
- [8] www.hanssummers.com – konstrukcje radiolatarni QRSS
- [9] www.g6avk.demon.co.uk/qrss.html
- [10] www.g6avk.demon.co.uk/beaconpics.html
- [11] www.proehl-elektronik.de/qrss/qrss.html
- [12] www.mediasuk.org/iw0hk/qrss/beacon.htm
- [13] www.hamlan.org/tech/picbeacon/picbeacon.htm
- [14] „A DDS based QRSS (and CW) beacon”, Mateo Campanella, IZ2EEQ, “QEX” wrz./paźdź. 2007, str. 24 – 28.

Spis do rozdziału 2

- [1] www.qsl.net/zl1bpu/FUZZY/software/G3PPT/slowfeld.zip – program „Slowfeld”
- [1a] sharon.esrac.ele.tue.nl/mirrors/zl1bpu/FUZZY/software/G3PPT/Slowfeld.zip
- [1b] <http://www.xs4all.nl/~nl9222/software.htm> – różne wersje programu Slowfeld.
- [2] www.w1hkj.com/Fldigi.html – program „Fldigi”
- [3] <http://www.ham-radio-deluxe.com/Programs/NBEMSfldigifromW1HKJ/tabid/104/Default.aspx> – program „Fldigi”
- [4] f6cte.free.fr – program „MultiPSK”
- [5] xoomer.virgilio.it/aporcino/Hell/index.htm – program „Hellschreiber” autorstwa IZ8BLY
- [6] <http://www.ham-radio-deluxe.com/> – „Ham Radio Deluxe” i inne programy
- [7] sites.google.com/site/feldhellclub/Home – klub miłośników emisji Feldhell
- [8] sharon.esrac.ele.tue.nl/mirrors/zl1bpu/FUZZY/software/G3PPT/Slowfeld.zip
- [9] www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html – „Spectrum Lab” autorstwa DL4YHF
- [10] sharon.esrac.ele.tue.nl/mirrors/zl1bpu/FUZZY/Beacon/keyer.html – radiolatarnia Hella ZL1BPU

Spis do rozdziału 3

- [1] rosmodem.wordpress.com – witryna autora programu
- [2] www.europeanrosclub.tk – europejski klub ROS
- [3] „ROS – eine neue digitale Sendear”, Eike Barthels, DM3ML, „Funkamateureur” 9/2010, str. 918
- [4] www.dxatlas.com/OmniRig – pomocniczy program do sterowania sprzętem
- [5] „Amatorskie łączności z rozpraszaniem widma sygnału”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, „Świat Radio” 11/2009
- [6] „Cyfrowy korowód”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, „Świat Radio” 6/2006

W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:

Nr 1 – „Poradnik D-STAR”

Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS”

Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1

