

BIBLIOTEKA  
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

66

KRZYSZTOF DĄBROWSKI  
OE1KDA

MIESZANKA FIRMOWA  
TOM 1

WIEDEN 2023



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA  
Wiedeń 2023

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 tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie tych tłumaczeń.

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

**Mieszanka firmowa  
Tom 1**

**Krzysztof Dąbrowski OE1KDA**

**Wydanie 1  
Wiedeń, styczeń 2023**

## Spis treści

Wstęp	6
1. Transmisja obrazów	7
1.1. Cyfrowa transmisja obrazów	9
1.2. Telewizja SSTV w łącznościach kryzysowych	11
2. Transmisja obrazów w systemach cyfrowego głosu	14
2.1. Transmisja obrazów w systemie D-STAR	14
2.2. Program RS-MS1A	15
2.3. Program ST4001A	22
2.4. Tryb obrazowy w radiostacjach Icom	24
2.4.1. ID-52	24
2.4.2. IC-705 i IC-9700	27
2.5. Transmisja obrazów w systemie C4FM	34
2.5.1. FTM-400D/XD	34
2.5.2. FT3D i FT-5D	35
2.5.3. FTM-300D	36
3. Wokoder „Codec 2”	38
3.1. Cyfrowa transmisja głosu na falach krótkich	38
3.1.1. Początki	38
3.1.2. Podsumowanie	40
3.2. Cyfrowy głos przez APRS	41
4. Szumowe pomiary nadajników	44
5. Dialogi w JS8Call	47
6. Dialogi w VarAC	50
7. Fazowa metoda generacji sygnału SSB	52
8. Metoda Weavera dla bystrzaków	59
8.1. Modulator	59
8.2. Demodulator	63
8.3. Dodatki	66
9. Pulsary – kosmiczne latarnie morskie	68
9.1. Pulsary	68
10. Zjawisko polarnego łuku świetlnego	75
11. Fale radiowe w jonosferze	76
12. Zdalnie sterowane radiostacje	82
13. Pomiar parametrów gruntu	90
14. Nowe wcielenie packet-radio	93
Dodatek A. Łączenie przemienników FM przez sieć Hamnetu	97
Literatura i adresy internetowe	99
Spis tomów „Biblioteki polskiego krótkofalowca”	101

## Sommaire

### Mélange de divers

Préface	6
1. Transmission d'images	7
1.1. Transmission numérique d'images	9
1.2. SSTV en radiocommunication d'urgence	11
2. Transmission d'images en systèmes de transmission vocale numérique	14
2.1. Transmission d'images en D-STAR	14
2.2. Le logiciel RS-MS1A	15
2.3. Le logiciel ST4001A	22
2.4. Mode de transmission d'images des postes d'Icom	24
2.4.1. ID-52	24
2.4.2. IC-705 i IC-9700	27
2.5. Transmission d'images en C4FM	34
2.5.1. FTM-400D/XD	34
2.5.2. FT3D i FT-5D	35
2.5.3. FTM-300D	36
3. Le logiciel codec „Codec 2”	38
3.1. Transmission vocale numérique en décimétriques	38
3.1.1. Le début	38
3.1.2. Résumé	40
3.2. Transmission vocale numérique en APRS	41
4. Les mesures des émetteurs par les signaux bruits	44
5. Dialogues par JS8Call	47
6. Dialogues par VarAC	50
7. Production d'un signal BLU par déphasage	52
8. La méthode de Weaver pour les nuls	59
8.1. Le modulateur	59
8.2. Le démodulateur	63
8.3. Annexes	66
9. Pulsars – les phares cosmiques	68
9.1. Pulsars	68
10. L'arc lumineux polaire	75
11. Ondes radioélectriques en ionosphère	76
12. Télécommande des postes	82
13. Mesure des propriétés du sol	90
14. Nouvelle incarnation de packet-radio	93
Annexe A. Connexion Hamnet des répéteurs FM	97
Bibliographie et les pages web	99
Liste des volumes de la „Bibliothèque de radioamateur polonais”	101

## Wstęp

Obecny tom zawiera wybrane artykuły, opublikowane wcześniej w Świecie Radio. Artykuły zostały pogrupowane tematycznie i uzupełnione o dodatkowe informacje zaokrąglające całość. Jednym z nich jest transmisja obrazów w systemach analogowych i cyfrowego głosu, a także wybrane pomysły jej wykorzystania. Kolejnym z tematów są eksperymenty z transmisją cyfrowego głosu przy użyciu wokodera „Codec 2”. O ile transmisja na UKF-ie w systemach D-STAR, DMR i C4FM jest już w powszechnym użyciu, o tyle „Codec 2” jest stosowany przez nieliczne grono eksperymentatorów i nic na razie nie wskazuje na nadchodzącą zmianę sytuacji.

Ciekawym sposobem pomiaru liniowości nadajników SSB są pomiary z użyciem szrokopasmowego sygnału szumu białego zamiast sygnału dwutonowego jak metodzie klasycznej. Ponieważ sygnały mowy i niektórych emisji cyfrowych składają się z wielu składowych rozłożonych w całym paśmie przepuszczania metoda szumowa pełniej (i w sposób bardziej zbliżony do praktyki) ilustruje jakość i stan układu nadajnika oraz widmo sygnału nadawanego.

System FT8 zajmuje od kilku lat niezaprzeczalnie pierwsze miejsce pod względem popularności wśród krotkofalowców. Zapewnia on stosunkowo bezbłędną wymianę podstawowych, niezbędnych do zaliczenia łączności, informacji. Zasadniczo pozwala on też na przekazanie krótkich komunikatów o długości do 13 znaków alfanumerycznych. Dłuższe wiadomości można przekazać nadając kolejno kilka takich komunikatów. Ze względu na ograniczoną długość przeważnie konieczne jest posługiwanie się skrótami zamiast pełnego tekstu. Być może z tego powodu, a może z pośpiechu dla zaliczenia kolejnych stacji komunikaty te wegetują gdzieś na marginesie. Użytkownicy mający ochotę na krótkie nawet, ale wygodniejsze w prowadzeniu łączności dialogowe korzystają z innych, dobrze już znanych rozwiązań. JS8Call umożliwia wygodniejsze prowadzenie dialogów korzystając zarazem z technicznych rozwiązań systemu FT8.

W wymianie poczty elektronicznej na falach krótkich i na UKF-ie popularność zyskał sobie programowy modem (dźwiękowy) VARA. Istnieje on obecnie w wariantach dla fal krótkich (dla transmisji SSB – Vara HF), dla fal ultrakrótkich (Vara FM) i dla transmisji satelitarnych. Również i w tym przypadku znana i dobrze wypróbowana technika łączności została wykorzystana do prowadzenia dialogów bez potrzeby korzystania z Winlinku.

Podstawowym rodzajem modulacji stosowanym w łącznościach fonicznych na falach krótkich i częściowo również na UKF-ie (w QSO DX-owych i w zawodach) jest modulacja jednowstęgowa SSB. Obecnie najbardziej rozpowszechnioną metodą generacji sygnałów jednowstęgowych jest metoda filtrowa. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu wysokie, jak na prywatną kieszeń, ceny filtrów kwarcowych były przyczyną szerokiego wykorzystania z metody fazowej. Obecnie metoda ta wraca do łask dzięki temu, że można ją łatwiej zrealizować w cyfrowej obróbce sygnałów. W cieniu tych dwóch wegetuje znana od dawna trzecia metoda (metoda Weavera). Eliminuje ona trudności w realizacji metody fazowej wynikające z konieczności używania szrokopasmowego przesuwnika fazy sygnałów fonicznych. Odchyłki przesunięcia fazy i różnice amplitud obydwu kanałów m.cz. występujących w metodzie fazowej powodują stosunkowo szybko zmniejszenie tłumienia niepożądanego wstęgi bocznej. Powoduje to zakłócanie sąsiednich kanałów i utrudnienie prowadzenia łączności przez inne stacje. W trzeciej metodzie te niepożądane (niedostatecznie wytłumione) składowe występują w paśmie własnej transmisji i nie zakłócają stacji sąsiednich. Warto więc zapoznać się (przynajmniej teoretycznie) z tym rozwiązaniem.

Aktualnym tematem jest zdalne sterowanie radiostacji przez sieć domową albo przez Internet. W przypadku drugim umożliwia ono ominięcie ograniczeń antenowych i usunięcie stacji poza obszar silniejszych zakłóceń miejskich, a w drugim daje wygodę korzystania ze stacji z dowolnego pomieszczenia w domu lub z ogrodu.

Czytelnicy zainteresowani zjawiskami fizycznymi związanymi z radiotechniką znajdą opracowania dotyczące odbioru sygnałów pochodzących od pulsarów, omówienie zjawiska polarnego łuku świetlnego mylonego często z zorzą polarną i wyjaśnienie niektórych zjawisk zachodzących w jonosferze.

*Krzysztof Dąbrowski OE1KDA*

*Wiedeń*

*7 stycznia 2023*

## 1. Transmisja obrazów

Transmisja obrazów z wolnym wybieraniem ich elementów – czyli w praktyce obrazów nieruchomych o stosunkowo niedużej rozdzielczości – jest od 1957 roku znana w krótkofalarstwie pod nazwą SSTV (*Slow Scan Television*). Można rozróżnić tu trzy zasadnicze odmiany. Pierwszą z nich jest transmisja analogowa przez nadajniki SSB albo FM z użyciem podnośnej modulowanej sygnałem jasności i impulsami synchronizacji (są to odpowiednio emisje J3C i F3C). W wariacie drugim sygnał obrazowy kluczujący cyfrowo podnośną akustyczną po przetworzeniu na plik dźwiękowy WAV moduluje analogowe nadajniki SSB albo FM. Czysto cyfrowa odmiana trzecia spotykana jest w systemach cyfrowego głosu D-STAR i C4FM. Nie są one oczywiście kompatybilne wobec siebie. W odmianie czysto cyfrowej dane obrazowe są dodawane do strumienia danych głosowych albo transmitowane zamiast głosu wykorzystując odpowiednio przeznaczoną na ten cel część lub pełną przepustowość kanału cyfrowego. O ile pierwsze dwa warianty można stosować na falach krótkich i ultrakrótkich, o tyle transmisja w pełni cyfrowa odbywa się w pasmach UKF 2 m lub 70 cm (w systemie D-STAR także w paśmie 23 cm, ale pozwalają na to jedynie radiostacje IC-9700 i jej poprzedniczki IC-9100, IC-910 z dodatkowymi modułami 1200 MHz oraz nie produkowana już od dawna radiostacja ID-1).

Dzięki wolnej analizie obrazu szerokość pasma zajmowana przez zmodulowany sygnał w.cz. mieści się w znormalizowanym kanale głosowym w transmisjach analogowych, a w systemach cyfrowych wykorzystywana jest część lub całość przepustowości kanału cyfrowego i sygnał również nie wykracza poza standardową szerokość kanału w.cz. w danym systemie. W systemie analogowym częstotliwość podnośnej odpowiadająca bieli wynosi 2300 Hz, czerni – 1500 Hz, a impulsom synchronizacji 1200 Hz. Impulsy synchronizacji linii mają w normie czarno-białej długość 5 ms, a ramki (obrazu) – 30 ms. W związku z tym, że impulsy synchronizacji były czarniejsze od poziomu czerni nie zakłócały one treści obrazu. Środkowa częstotliwość podnośnej obrazu wynosi 1900 Hz.

W najstarszym systemie SSTV transmitowane są czarno-białe obrazy o rozdzielczości 120 x 120 punktów i stosunku wymiarów obrazu 1:1. Czas ich transmisji wynosi w przybliżeniu 7,2 sekundy w krajach o częstotliwości sieci 50 Hz i 8 sekund w krajach o częstotliwości sieci 60 Hz.. Standard ten nie odpowiada współczesnym możliwościom technicznym pozwalającym na transmisję obrazów kolorowych o rozdzielczościach 320 x 240 (256) punktów (pierwsza liczba odpowiada liczbie punktów w linii, a druga – liczbie linii obrazu). Czas transmisji obrazu wzrasta do około 1–2 minut, w zależności od używanego standardu transmisji. W rozwiązaniach szczególnych dochodzi on nawet do pięciu minut. Stosunek wymiarów obrazu wynosi 4:3.

Norma czarno-biała jest obecnie rzadko stosowana, przeważnie w sytuacjach, w których istotny jest możliwie krótki czas transmisji, a ilość przekazywanych informacji może być mała, przykładowo w trakcie zawodów, gdzie wymagana jest jedynie wymiana raportów. Standard ten jest spokrewniony z transmisją obrazów faksymile używaną do niedawna w przekazywaniu zdjęć prasowych i jeszcze obecnie do rozpowszechniania naziemnych map pogody na falach krótkich i satelitarnych w paśmie 137 MHz. Ze względu na większą rozdzielczość i co za tym idzie jakość obrazu transmisje faksymile mogą trwać około 10 minut lub nawet dłużej.

W miarę rozwoju techniki opracowywano kolejne normy SSTV różniące się rozdzielczościami obrazu, szybkościami ich transmisji, sposobami kodowania kolorów i kolejnością transmisji linii kolorowych (Wraase SC1, SC2, Robot, AVT, Pasokon itd. w różnych wariantach). Impulsy synchronizacji ramki zostały uzupełnione o cyfrowe kody VIS (*Vertical Interval Signaling*) informujące urządzenie odbiorcze o stosowanej normie i parametrach transmisji, dzięki czemu może się ono dostosować automatycznie do odbieranego sygnału. Sygnał synchronizacji jest wówczas kluczowany częstotliwościowo i przyjmuje wartości 1100 i 1300 Hz.

Liczba powstałych norm jest wprawdzie dość wysoka i łatwo zgubić się w ich dżungli, ale przeważnie stosowane są w Europie normy Martin 1 i 2 (M1, M2), a za oceanem – Scottie 1 i 2 (S1, S2). Nie stanowi to jednak sztywnej i niezłomnej zasady. W transmisji czysto analogowej jedynym mechanizmem korekcji przekłamań jest ludzka inteligencja.

Początkowo stosowane urządzenia korzystające z lamp oscyloskopowych o długiej poświacie i konwerterów elektronicznych z pamięcią półprzewodnikową zostały już od lat 80-tych XX wieku zastąpione przez oprogramowanie pracujące na komputerach PC, a później także tabliczkowych komputerach pod Androidem i systemem iOS. Jako źródło obrazu służą obecnie prawnie kamery internetowe

i wbudowane do komputerów tabliczkowych (ang. *tablet*) oraz inteligentnych telefonów (ang. *smart-phone*) aparaty fotograficzne. Wygodnie jest przygotować z góry podręczne archiwum obrazów przygotowanych do nadania (zretuszowanych i przyciętych do wymaganych rozmiarów) i uzupełniać nimi transmisje zdjęć wykonanych na bieżąco.

Tabela 1.1

Wybrane parametry najpopularniejszych analogowych norm SSTV

Norma	Czas transmisji [s]	Rozdzielczość	Kolejność kolorów	Linii/min.
Czarno-biała (50 Hz)	7,2	120 x 120	-----	1000,0
Czarno-biała (60 Hz)	8	120 x 120	-----	900,0
M1	114	320 x 256	G-B-R	134,39...
M2	58	160 x 256	G-B-R	264,55...
M3	57	320 x 128	G-B-R	134,39...
M4	29	160 x 128	G-B-R	264,55...
Martin HQ1	90	320 x 240	Y, R-Y, B-Y	85,05...
Martin HQ2	112	320 x 240	Y, R-Y, B-Y	68,68...
S1	110	320 x 256	G-B-R	140,11...
S2	71	160 x 256	G-B-R	216,06...
S3	55	320 x 128	G-B-R	140,11...
S4	36	160 x 128	G-B-R	216,06...
Scottie DX	269	320 x 256	G-B-R	57,12...
Scottie DX2	136	320 x 256	G-B-R	112,90...

Uwagi:

R – kolor czerwony, B – kolor niebieski, G – kolor zielony, Y – jasność (luminancja)

Tabela 1.2

Częstotliwości pracy emisją SSTV

Częstotliwość [MHz]	Uwagi
3,735	USB, centrum aktywności (3,725 – 3,740)
7,055	USB, centrum aktywności (7,050 – 7,060)
14,230	USB, centrum aktywności (14,225 – 14,235)
21,340	USB, centrum aktywności (21,335 – 21,345)
28,680	USB, centrum aktywności (28,675 – 28,685)
50,680	USB, częstotliwość wywoławcza
144,500	USB, FM, częstotliwość wywoławcza
433,400	FM
1296,500	USB, FM
27,235	Pasmo CB, FM/USB
27,303	Pasmo CB, FM

Uwagi:

W transmisjach SSB zawsze stosowana górna wstęga boczna (USB)

W przypadku tłoku na paśmie zalecane kanały +/- 3 kHz w stosunku do centrum aktywności SSB

W pracy satelitarnej używane są częstotliwości ich transponderów. Stacje SSTV korzystają m.in. z satelity QO-100. W paśmie 10 m pracuje też kilka przemienników SSTV.

W użyciu są raporty RSV, gdzie R oznacza czytelność w zakresie 1 – 5, S – siłę odbioru w zakresie 1 – 9 i V – jakość obrazu w zakresie 1 – 5, gdzie ocena najniższa oznacza stan najgorszy, a najwyższa – najlepszy. Jest to system identyczny jak w amatorskiej telewizji z szybką analizą obrazu – ATV.

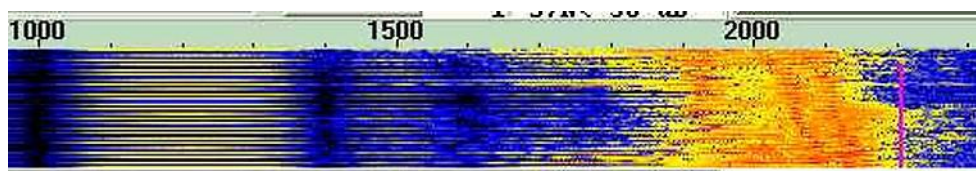


Dalsze informacje o transmisji SSTV i stosowanych programach oraz instrukcje ich obsługi znajdują Czytelnicy w tomach 5, 58 i 59 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”. Do najczęściej spotykanych programów należą *MMSTV*, *MultiPSK*, *MixW* i *Digital Master 780* dla Windows, *QSSTV* dla Linuksa, *oDroidSSTV* dla Androida oraz *SSTV Slow Scan TV dla iOS*. Programy te pozwalają m.in. na podpisywanie obrazów. Najczęściej występującym problemem jest pochylenie obrazu wynikające z różnic częstotliwości próbkowania systemów dźwiękowych u nadawcy i odbiorcy. Przeważnie programy nadawczo-odbiorcze pozwalają na stosunkowo wygodną korekcję pochylenia.

Do połączenia komputera z radiostacją służą identyczne układy pośredniczące jak dla emisji FT8, PSK31 i innych emisji cyfrowych. Szereg schematów do własnej konstrukcji i opisów urządzeń fabrycznych znajduje się w tomach poświęconych łącznościom cyfrowym, FT8 i programom stosowanym w krótkofalarstwie (nr 5, 38, 58, 59, 64). Radiostacje nowszych typów wyposażone we własne podsystemy dźwiękowe wymagają jedynie połączenia z komputerem przez złącze USB. Przeważnie konieczne jest zainstalowanie na komputerze sterownika udostępnianego przez producenta radiostacji. Rozwiązanie takie pozwala na pracę dowolnymi emisjami cyfrowymi: FT8, RTTY, PSK31, Olivią itd., a nie tylko SSTV.



Rys. 1.1. Obraz SSTV odebrany na falach krótkich (źródło: Internet)



Rys. 1.2. Widmo sygnału SSTV

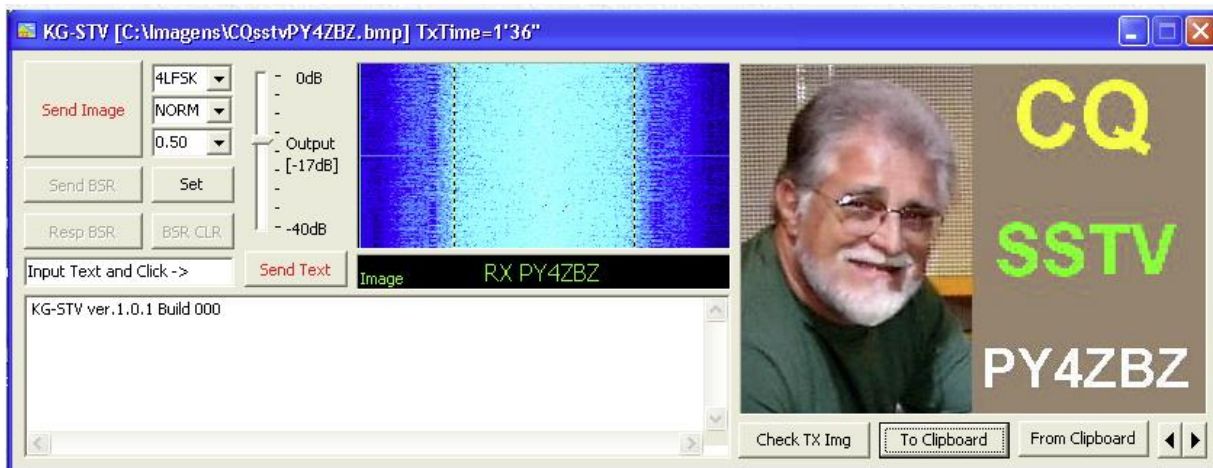
Standardowej telewizji z szybkim wybieraniem obrazu i transmisjom obrazów ruchomych ATV poświęcony jest tom 37 „Biblioteki...”. Transmisje takie są prowadzone w pasmach od 70 cm wzwyż. Obecnie krótkofalowcy stosują cyfrowe standardy transmisji ATV.

### 1.1. Cyfrowa transmisja obrazów

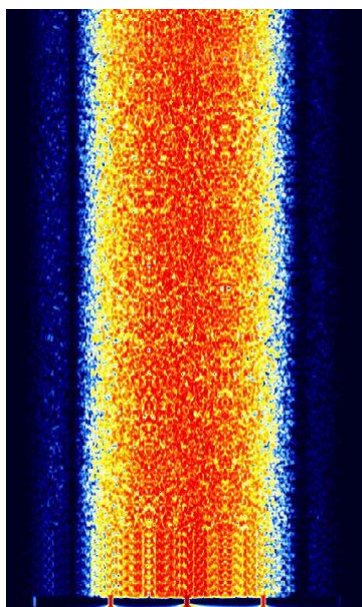
W starszych rozwiązaniach cyfrowa treść obrazu kluczowała podnośną akustyczną i dopiero po przetworzeniu tego sygnału na plik dźwiękowy w formacie WAV możliwe było nadanie obrazu za pomocą nadajnika SSB albo FM. Po stronie odbiorczej następowało przetworzenie odebranego i zapisanego sygnału dźwiękowego na plik obrazowy. Grono użytkowników DSSTV było mocno ograniczone. Do wymiany obrazów stosowane były m.in. programy DIGTRX, DigPAL, EasyPLA, HamPAL.

Obecnie najszerzej spotykanym rozwiązaniem jest KG-STV. W wariacie tym obrazy są transmitowane cyfrowo w postaci skompresowanych bloków jpg o rozmiarach 16 x 16 punktów. Kierunek analizy przebiega z reguły od lewej do prawej strony obrazu i od góry w dół, alterantywnie bloki mogą być

także transmitowane w przypadkowej kolejności. Jak zawsze w transmisji cyfrowej prawidłowo odebrane bloki są czyste, wyraźne i nie zakłócone szumami itp. W odróżnieniu od dawniejszych eksperymentów z cyfrową SSTV obraz jest wyświetlany na bieżąco, a nie dopiero po odebraniu całości. Brakujące bloki można otrzymać po ich powtórzeniu, trochę podobnie jak w transmisji obrazów w systemie D-STAR (tam powtarzany musi być cały obraz). Nielicencjonowane stacje, wyłącznie odbiorcze, nie mogą jednak żądać powtórzeń i dlatego część obrazów może okazać się dla nich bezużyteczna. Dodatkowo do obrazów możliwa jest wymiana krótkich wiadomości tekstowych. Odebrane obrazy są automatycznie zapisywane na dysku.



Rys. 1.1.1. Okno główne programu. Przycisk BSR (ang. *Bad Segment Report*) służy do nadania żądania powtórzenia brakujących bloków obrazu



Rys. 1.1.2. Widmo sygnału z kluczowaniem MSK

W odróżnieniu jednak od transmisji D-Starowej pasmo sygnału pozwala na transmisję w zakresach KF i UKF. Stosowane są dwa rodzaje modulacji: MSK i 4L-FSK. W tym drugim przypadku dane są transmitowane z dwukrotnie większą przepływnością. Transmisja jest jednak bardziej wrażliwa na zakłócenia pod wpływem zmian propagacji. W obu przypadkach operator ma do wyboru kodowanie spłotowe Viterbiego z  $K=7$  i transmisję bez kodowania. Częstotliwość kluczowanej podnośnej akustycznej wynosi 1800 Hz dla jedynki logicznej i 1200 Hz dla zera dla kluczowania MSK. Przy kluczowaniu 4L-FSK dwubitowej wartości 00 odpowiada częstotliwość 1200 Hz, 01 – 1400 Hz, 10 – 1600 Hz i 11 – 1800 Hz. Szybkość transmisji wynosi 1200 bodów, a sygnał leży w paśmie częstotliwości pomiędzy

500 i 2500 Hz. Stacje korzystające z KG-STV pracują przeważnie na częstotliwościach 3733, 7173 i 14233 kHz (a także w paśmie CB 27 MHz). Krótkofalowcy prowadzą również łączności przez satelitę QO-100 (w zakresie 10489,615 – 10489,635 MHz, USB). Transmisja obrazów o wymiarach 320 x 240 punktów trwa około 2 minut, a więc podobnie jak w analogowych systemach Martin 1 lub Scottie 1. Sygnał MFSK ma stałą amplitudę i wymaga ustawienia mocy wyjściowej nadajnika SSB tak, aby nie doprowadzić do przegrania nadajnika (jak dla RTTY), natomiast przy kluczowaniu 4L-FSK najlepiej kierować się zaleceniami dla PSK31. Stosowane są także moce QRP. W pasmach UKF można też korzystać z nadajników FM.

Sposoby połączenia radiostacji z komputerem są identyczne jak dla PSK31 i innych emisji cyfrowych. Jak zwykle w konfiguracji programu należy podać własny znak wywoławczy, wybrać stosowany podsystem dźwiękowy i złącze do kluczowania nadajnika. Większość parametrów może zachować wartości domyślne. Program i system transmisji zostały opracowane przez JJ0OBZ.

## 1.2. Telewizja SSTV w łącznościach kryzysowych

W sklepie internetowym *Google Play* dostępny jest bezpłatny androidowy program Olgi Miller pn. *SSTV-Codierer* (w dokumentacji angielskiej używana jest nazwa *SSTV-Encoder*). Pozwala on na przetworzenie zdjęć wykonanych telefonem komórkowym na standard SSTV w normach Martin 1 i 2, Scottie 1 i 2, PD50 – PD290, Robot 36, Robot 72 i innych. Zdjęcia te mogą być następnie (po ewentualnym uzupełnieniu o podpisy) transmitowane w pasmach amatorskich przy użyciu przenośnej radiostacji UKF lub dowolnej innej. W przeważającej części przypadków do tego celu konieczny jest jedynie stereofoniczny kabel z zapadkowymi wtyczkami koncentrycznymi na końcach łączący gniazdko słuchawkowe telefonu z gniazdkiem mikrofonowym radiostacji. DH9BM korzystający z radiostacji starszego typu Alinco DJ596 MKII był zmuszony dodać jedynie kondensator w doprowadzeniu mikrofonu aby zapobiec włączaniu nadajnika natychmiast po włożeniu wtyczki do gniazdka.



Fot. 1.2.1. Połączenie telefonu z radiostacją

Zdjęcie wykonane za pomocą telefonu komórkowego jest nadawane po naciśnięciu na wyświetlaczu przycisku nadawania. Nadajnik radiostacji można na czas transmisji włączyć przyciskiem nadawania albo skorzystać z automatycznego przełącznika – VOX-u. Jedną z praktycznych norm okazała się norma PD50, w której czas transmisji obrazów wynosi 50 sekund. Zapewnia ona dobrą jakość obrazu bez nadmiernego obciążenia akumulatora radiostacji. Warto też przedłużyć czas, po którym następuje

wygaszenie wyświetlacza telefonu dla ułatwienia obsługi programu – przykładowo do 60 sekund. W trakcie początkowych prób DH5BM korzystał po stronie odbiorczej z programu MMSSTV autorstwa JE3HHT. W sklepie internetowym dostępny jest też program odbiorczy *SSTV-Decodierer* dla tych samych norm SSTV co program nadawczy.

Tabela 1.2.1

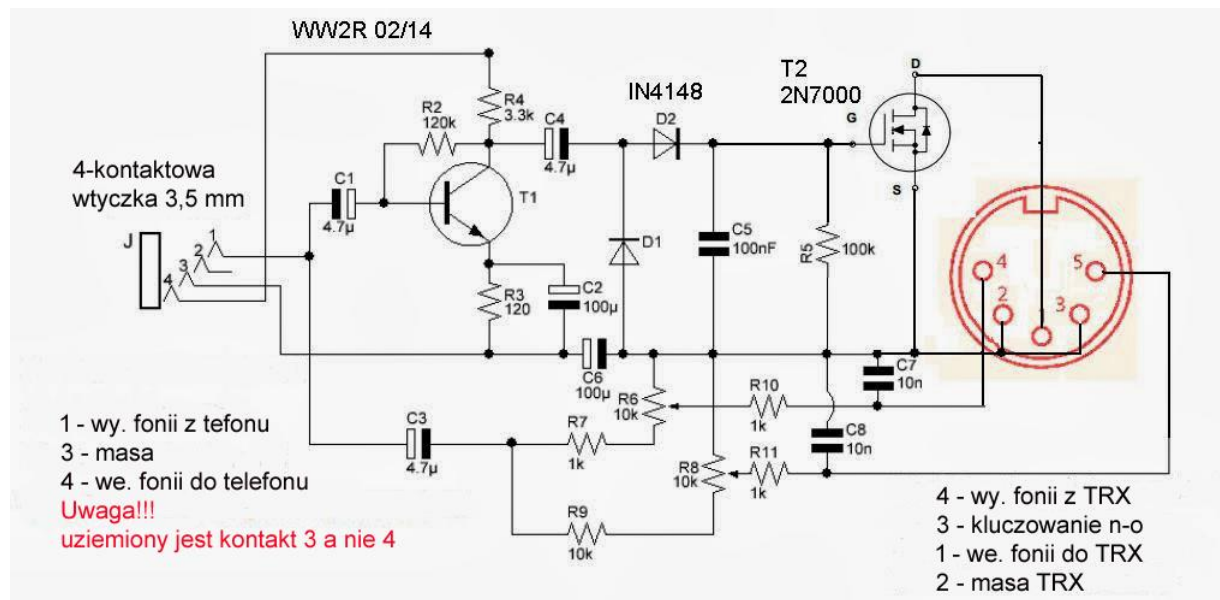
Najważniejsze normy stosowane w programach *SSTV-Codierer* i *SSTV-Decodierer*

Norma	Czas transmisji [s]	Rozdzielczość	Kolejność kolorów	Linii/min.
M1	114	320 x 256	G-B-R	134,39...
M2	58	160 x 256	G-B-R	264,55...
S1	110	320 x 256	G-B-R	140,11...
S2	71	160 x 256	G-B-R	216,06...
Robot 36	36	320 x 240	R-G-B	400
Robot 72	72	320 x 240	R-G-B	200
PD-50	50	320 x 240	Y, R-Y, B-Y	309,15...
PD-90	90	320 x 240	Y, R-Y, B-Y	170,68...
PD-120	120	640 x 480	Y, R-Y, B-Y	235,99...
PD-160	161	512 x 384	Y, R-Y, B-Y	149,17...
PD-180	187	640 x 180	Y, R-Y, B-Y	159,10...
PD-240	248	640 x 480	Y, R-Y, B-Y	120
PD-290	289	800 x 600	Y, R-Y, B-Y	128,03...

Uwagi:

Y – sygnał jasności (luminancji),

R-Y, B-Y – sygnały różnicowe odpowiednio czerwony minus jasność i niebieski minus jasność



Rys. 1.2.2. Modem „Wolphi Link” zapewnia wygodne połączenie telefonu komórkowego z radiostacją w obie strony. Widoczne po prawej stronie wyprowadzenie dla podłączenia radiostacji należy dostosować do konkretnej sytuacji. W niektórych typach radiostacji przenośnych (YAESU) przełączanie na nadawanie wymaga zwarcia przewodu mikrofonowego do masy przez opornik 2 – 3 kΩ. Szczegóły podane są w instrukcji sprzętu

Po zainstalowaniu *SSTV-Codierer* nie korzysta z połączeń internetowych i dlatego dobrze nadaje się do użytku w łącznościach kryzysowych, kiedy potrzebna jest łączność niezależna od internetu.

W wielu takich sytuacjach informacja fotograficzna daje pełniejszy i aktualniejszy obraz sytuacji bez dodatkowych wysiłków i komplikacji. Transmisja obrazów może odbywać się bezpośrednio w pasmach 2 m i 70 cm lub za pośrednictwem amatorskich przemienników FM.

Oczywiście zakres zastosowań programu nie ogranicza się do łączności kryzysowych. Transmisja obrazów przydaje się przy różnych okazjach, takich jak festyny, krótkofalarskie imprezy i spotkania plenerowe, wycieczki itp.

Oprócz obu wymienionych programów w sklepie *Google Play* dostępny jest również program Droid-SSTV firmy Wolphi LLC oraz programy dla innych emisji (DroidPSK, DroidRTTY itp).

[1.2.1] „SSTV-Bilder für Notfunk Übertragen”, Edgar Kindel, DH9BM, CQDL 2/2019, str. 42

## 2. Transmisja obrazów w systemach cyfrowego głosu

Rozdział ten jest poświęcony całkowicie cyfrowej transmisji obrazów w systemach cyfrowego głosu D-STAR i C4FM. Strumień danych obrazowych jest dodawany do całkowitego strumienia zawierającego również dane głosowe albo też zajmuje całkowitą przepustowość kanału. Transmisją ze zwiększoną szybkością dysponują prawie wszystkie współczesne radiostacje D-Starowe poza ID-31, najstarszymi wersjami ID-51E i IC-7100. Transmisja obrazów i tekstów z użyciem komputera tabliczkowego jest możliwa za pomocą każdego z nich.

### 2.1. Transmisja obrazów w systemie D-STAR

Strumień danych w systemie D-Star jest transmitowany z przepływnością 3600 bit/s. W standardowym trybie transmisji przepustowość ta jest podzielona tak, że dane głosowe zajmują 2400 bit/s a reszta – 1200 bit/s – może być wykorzystana do transmisji danych dodatkowych takich jak teksty (meldunki), dane pozycyjne D-PRS albo obrazy. W nowszych modelach radiostacji ID-51 PLUS(2), ID-52, ID-5100, IC-705, IC-9700 istnieje też tryb szybkiej transmisji danych, w którym cała przepustowość kanału jest przeznaczona dla danych w czasie kiedy nie jest potrzebna do transmisji głosu (*DV Fast data*). Starsze pięćdziesiątki jedyńki i pozostałe modele dysponują tylko szybkością standardową. Stacja nadawcza musi być przełączona przez operatora na większą szybkość przed rozpoczęciem transmisji. O ile transmisja przez lokalny przemiennik przebiega zasadniczo bezproblemowo, o tyle w sieci nie jest to już sprawą całkiem pewną i wymaga sprawdzenia. Przy dostatecznej sile sygnału bezpośrednie transmisje simpleksowe powinny również przebiegać bezproblemowo.

Nowsze modele IC-9700, IC-705 i ID-52 dysponują bardziej rozbudowanym trybem obrazowym umożliwiającym transmisję i wyświetlanie obrazów bez korzystania z programów zainstalowanych na komputerze albo telefonie androidowym. Obrazy przeznaczone do nadania i odebrane są zapisywane w module pamięci SD.

Obrazy mogą być transmitowane z rozdzielczościami 160 x 120, 320 x 240 i 640 x 480 punktów. Standardem jest rozdzielczość 320 x 240 punktów odpowiadająca w przybliżeniu analogowej normie Martin 1 (M1). Również czas transmisji ze standardową szybkością jest zbliżony do czasu transmisji obrazu M1 i wynosi około 2 minut. W trybie transmisji przyspieszonej czas ten skraca się w przybliżeniu do 1/3 powyższego. Korzystanie z większej rozdzielczości zapewnia wprawdzie poprawę jakości obrazu, ale czas transmisji obrazu o rozdzielczości 640 x 480 punktów wzrasta do około 6 minut przy standardowej szybkości przekazu. W takim przypadku rośnie też prawdopodobieństwo przerwania wskutek ograniczeń czasu nadawania przemienników i prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń odbioru.

Obrazy są transmitowane w postaci niezależnych bloków cyfrowych, odpowiadających ich kwadratowym fragmentom, kolejno wyświetlanych w trakcie odbioru. Transmisja bloków nie jest kwitowana przez stację odbiorczą. W przypadku przekłamań w transmisji zakłócone bloki są wyświetlane na czarno. Każdy z bloków posiada wprawdzie własne dane korekcyjne, ale w przypadku błędnego odbioru nie są one powtarzane. Powtórna transmisja tego samego obrazu pozwala na uzupełnienie brakujących bloków, ale nie ma gwarancji, że zostaną uzupełnione wszystkie niedobory.

Zdjęcia przeznaczone do nadania można wykonać aparatem wbudowanym do komputera lub telefonu i w miarę potrzeby poddać obróbce w programie graficznym i następnie zapisać w archiwum.

Tabela 2.1.1.

System raportów dla transmisji obrazów w systemie D-STAR

Raport	Znaczenie
P1	Obraz idealny
P1 minus	Brakuje 5% bloków lub mniej
P2	Brakuje do 25% treści obrazu
P3	Brakuje do 50% treści obrazu
P4	Brakuje do 75% treści obrazu
P5	Obraz nieużyteczny lub ponad 75% straconej treści

Jak łatwo zauważyć system ten jest odwrotny niż dla transmisji analogowych SSTV i wartość najniższa oznacza w nim najlepszą jakość odebranego obrazu.

Tabela 2.1.2.

Transmisja obrazów przez niektóre mikroprzezienniki

Typ	Szybka transmisja	Uwagi
DV4mini na Pi-3B z oprogramowaniem DARC A23 MMDVM	Nieosiągalna	Nie przewidziano szybkiej transmisji obrazów, najwidoczniej jest to słaba strona MMDVM; może odbić się też na innych modelach
DVMega + BlueStack, połączenie przez złącze USB z klientem BlueDV	Tak, w wersjach beta dla Androida i Windows	Odbiór funkcjonuje bardzo dobrze. Od niedawna istnieje nowa wersja BlueDV dla obu systemów z szybką transmisją; w wersji androidowej konieczne połączenie przez USB; DVMega bez BlueDV korzysta z serwera MMDVM, co oznacza ograniczenia j.w.
SharkRF openSPOT 1	Nieosiągalna	Szybka transmisja nie przewidziana, poza tym praca stabilna
SharkRF openSPOT2	Tak	Nie zauważono problemów
SharkRF openSPOT 3	Tak	Możliwy odbiór i nadawanie, lepsze wyniki dla oprogramowania w wersji v37 i przy silnym sygnale WiFi
SharkRF openSPOT 4	Tak	Możliwy odbiór i nadawanie
MMDVM własnej konstrukcji + „Star Hotspot”	Tylko odbiór	Zależnie od wykonania MMDVM, jego oprogramowania i modelu Pi. Zalecane korzystanie z najnowszych wersji oprogramowania „Pi-Star”
ZUMspot-Rpi MMDVM	Tylko odbiór	Korzysta z oprogramowania Pi-Star jak powyżej
Bezpośrednio przez przezienniki	Możliwa, ale nie gwarantowana	Zależy od wyposażenia przezienników i bramek na trasie transmisji, przezienniki Icoma w wersji G3 na pewno, dla innych możliwa

Spośród wielu modeli prywatnych mikroprzezienników (ang. *hotspot*) świetnie spełniających swoją rolę w transmisji głosu i danych ze standardową szybkością, tylko część pozwala na korzystanie z większej szybkości w obu kierunkach (patrz tabela 2.1.1). W większości przypadków krótkofalowcy korzystają jednak z szybkości standardowej, aby umożliwić udział jak najszerszemu gronu operatorów. Pozwala to też na równoległe przekazywanie głosem dodatkowych informacji o nadawanym obrazie.

## 2.2. Program RS-MS1A

Program służy do sterowania radiostacjami ID-31, ID-51E (Plus, Plus 2), ID-52, ID-4100, ID-5100, IC-705 i IC-9700 za pomocą tabliczkowego komputera androidowego. Pozwala on także na odbiór i transmisję obrazów i tekstów. W zależności od modelu radiostacji może ona być połączona z komputerem przez złącze USB lub Bluetooth (BT). Obrazy przeznaczone do nadania mogą pochodzić z archiwum na komputerze albo z wbudowanego do niego aparatu fotograficznego. Modele ID-31, ID51 (starsze) i IC-7100 nie pozwalają na korzystanie z pełni możliwości programu takich jak wyświetlanie map, historii odbioru i z niektórych funkcji sterujących. Modele ID-4100 i ID-5100 nie posiadają złącza USB.

W przypadku modeli radiostacji nie wyposażonych w złącze BT konieczne jest użycie kabla OPC-2350LU (IC-705 wymaga kabla OPC-2417 albo OPC-2418). Komputer musi dysponować funkcją OTG na złączu USB. ID-4100 wymaga wyposażenia w dodatkowy moduł BT typu UT-137, a ID-5100 – w UT-133. IC-705, ID52 i TH-74D są standardowo wyposażone w złącze BT. Główne okno programu przedstawia rys. 2.2.1.



Rys. 2.2.1. Okno główne RS-MS1A

Ponumerowane na nim punkty oznaczają kolejno:

- 1 [DR] – pozwala na ustawianie zawartości pól [FROM] (przebiegnika wejściowego) i [TO] (adresu docelowego) dla funkcji DR.
- 2 [Share Pictures] – umożliwia wymianę obrazów ze standardową lub zwiększoną szybkością (*DV Fast Data*) transmisji, w zależności od modelu radiostacji, i wyświetlanie ich na ekranie komputera androidowego.
- 3 [Text Messaging] – umożliwia transmisję tekstów (z szybkościami j.w.; naciśnięcie przycisku nadawania na mikrofonie powoduje przejście na standardową szybkość) i wyświetlanie ich na ekranie komputera.
- 4 [Map] – wyświetla na mapie pozycje korespondenta lub stacji przebiegnikowej. Możliwe jest także ustawianie zawartości pól [FROM] i [TO] na podstawie mapy.
- 5 [Offline Map] – wyświetlanie pozycji własnej stacji i korespondenta na mapie bez połączenia z Internetem.
- 6 [RX History] – wyświetla informacje o odbieranej stacji D-Starowej i stacjach odbieranych poprzednio.
- 7 [Your Call sign] – służy do wprowadzania i modyfikacji znaków korespondentów dla łączności D-Starowych.
- 8 [Repeater List] – wyświetlenie spisu przebiegników zapisanego w programie. Dla zrównania zawartości ze spisem z radiostacji należy go odczytać przed korzystaniem ze spisu.
- 9 [Transceiver Setting] – pozwala na zmianę niektórych, ale nie wszystkich, parametrów konfiguracyjnych radiostacji.
- 10 [Application Setting] – pozwala na zmianę ustawień programu, takich jak np. używanych jednostek jednostek.
- 11 [Import] – umożliwia wczytanie spisu przebiegników („Repeater List”) i spisu znaków docelowych (Your Call”).



10 [Export] – wysłanie spisu przemienników, znaków docelowych i spisu odebranych stacji („RX History”).

13 [Bluetooth Connection] – połączenie z radiostacją przez łącze Bluetooth lub USB.

14 [Exit Application] – zakończenie pracy programu.

1. W trybie DR użytkownik ma możliwość wprowadzania danych do pól adresu docelowego [TO] i przemiennika wejściowego [FROM] (rys. 2.2.2). Do rozpoczęcia nadawania konieczne jest naciśnięcie przycisku na radiostacji.

2. Funkcja wymiany obrazów pozwala w zakładce nadawania [Send] na nadanie zdjęć zrobionych aparatem fotograficznym komputera lub plików graficznych zapisanych na nim uprzednio. Po naciśnięciu czarnego pola w oknie nadawczym (rys. 2.2.3) przez sekundę użytkownik może wybrać dowolny plik jpg z komputera albo uruchomić aparat fotograficzny. W polu tym może znajdować się symbol zdjęcia gór i słońca jak na ilustracji, ale może też go nie być. W przypadku gdy w oknie nadawczym widoczny jest poprzednio nadawany obraz należy nacisnąć przez sekundę na jego powierzchnię. W polu odbiorcy („Receiver”, \*1) można podać znaki adresatów. Obraz jest widoczny u wszystkich odbierających sygnał D-Starowy nadawczy.

3. U dołu okna transmisji tekstów RS-MS1A znajduje się pole dla wprowadzania wiadomości przeznaczonych do nadania (\*2 na rys. 2.2.3). Dla ich nadania należy nacisnąć przycisk „Transmit”. Nadany tekst jest wyświetlany w górnej części okna po prawej stronie, a teksty odebrane – po lewej (podobnie jak w „Skypie”). W polu „Receiver” (\*1) można podać znak adresata. Przycisk „Position” (\*3) służy do dodania współrzędnych stacji.

4. W zakładce odbiorczej wyświetlane są odbierane obrazy (rys. 2.2.4). Naciśnięcie przycisku „Save” na ekranie powoduje zapis obrazu na komputerze w katalogu „Pictures” („Obrazy”): icom >RsMs1a > **Pictures**. Jeżeli katalog nie istnieje jest on zakładany automatycznie. Również główny katalog programu „icom” jest zakładany automatycznie przez RS-MS1A.

5. W oknie historii nadawania wyświetlany jest spis obrazów nadanych (rys. 2.2.5) o maksymalnej pojemności 500 wpisów. Po przekroczeniu tej granicy kasowany jest plik najstarszy i jest zastępowany przez najnowszy. Krótkie naciśnięcie obrazu powoduje jego zaznaczenia do dalszej transmisji, a przytrzymanie przez sekundę – jego skasowanie.

6. W oknie historii odbioru (rys. 2.2.6) wyświetlany jest spis odebranych wiadomości o maksymalnej pojemności 500 wpisów. Po przekroczeniu tej granicy kasowany jest plik najstarszy i jest zastępowany przez najnowszy. Krótkie naciśnięcie obrazu powoduje jego zapisanie, a przytrzymanie przez sekundę – jego skasowanie.

7. Oprócz transmisji obrazów możliwa jest też wymiana wiadomości tekstowych. Wiadomości nadane są wyświetlane po prawej stronie okna. Jeżeli podany jest znak adresata to jest on również wyświetlany. Wiadomości odebrane są wyświetlane po prawej stronie okna (rys. 2.2.7). Jeżeli wiadomości są odbierane razem z obrazem wyświetlana jest informacja o tym fakcie.

8. W oknie map (rys. 2.2.8) wyświetlane jest położenie stacji przemiennikowych D-Starowych albo FM, albo położenie stacji korespondenta, o ile stacje te nadają dane pozycyjne (współrzędne). Po naciśnięciu symbolu stacji na mapie wyświetlane są dodatkowe informacje o niej. Naciśnięcie z kolei tej informacji powoduje przejście znaku stacji do pól [FROM] lub [TO] dla funkcji DR. Po wczytaniu nowego spisu przemienników należy w menu nacisnąć pozycję „Repeater station OFF” a następnie „Repeater station ON” w celu zaktualizowania położenia stacji na mapie.

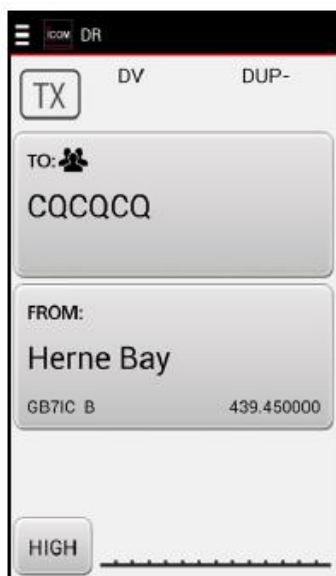
9. Okno map lokalnych wyświetla położenie stacji na mapie zapisanej lokalnie na komputerze, dzięki czemu nie musi on być połączony z Internetem. Konieczne jest uprzednie przygotowanie map w formacie obrazowym. Szczegóły tworzenia map i ich parametrach podano w witrynie producenta pod adresem <http://www.ico.co.jp/world/support/download/manual>. Wygląd okna jest podobny do pokazanego na ilustracji 2.2.8.

10. Okno historii odbioru z punktu 6 okna głównego zawiera spis transmisji odbieranych stacji D-Starowych, komunikatów itd. Spis ten może zawierać 10000 elementów. Po przekroczeniu tej granicy najstarszy spis jest kasowany i zastępowany przez najnowszy. Spis ten w formacie csv znajduje się w katalogu icom > RsMs1a > **RXHistoryLog**. Zarówno katalog „icom” jak i RsMs1a są zakładane automatycznie jeżeli nie istnieją. Spisy na komputerze i w pamięci mikroSD mogą się różnić między sobą.

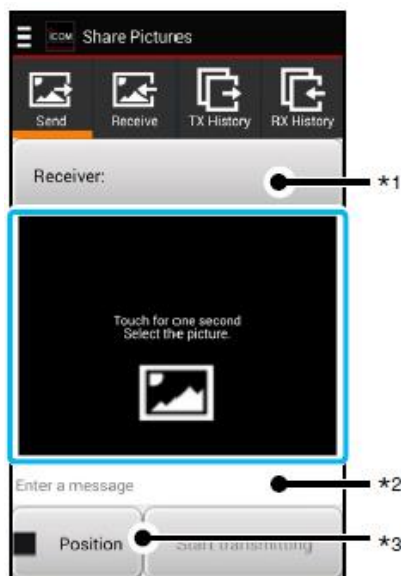
11. W polu znaków korespondentów [Your call sign] można podać do 500 znaków z informacjami dodatkowymi. Do wprowadzenia nowego znaku służy ekranowy przycisk z plusem. Po przekroczeniu tej granicy najstarszy wpis jest zastępowany przez najnowszy.

12. Pozycja *Import* pozwala na wczytanie do programu spisu przemienników lub adresów docelowych w formacie *csv*. Spis przemienników można wczytać z internetu, m.in. z witryny producenta, a spis korespondentów z modułu pamięciowego SD radiostacji. Oprócz tego krótkofalowcy przygotowują spisy uwzględniające potrzeby lokalne – dokładniejsze spisy przemienników własnego kraju.

13. Pozycja *Export* pozwala na zapisanie w katalogu *icom > RsMs1a > Export* komputera spisu przemienników, korespondentów i historii odbioru w plikach *csv*.



Rys. 2.2.2. Okno trybu DR



Rys. 2.2.3. Okno nadawcze obrazów



Rys. 2.2.4. Okno odbioru obrazów



Rys. 2.2.5. Okno historii transmisji

Obrazy są transmitowane w postaci niezależnych bloków cyfrowych, odpowiadających ich kwadratowym fragmentom, kolejno wyświetlanych w trakcie odbioru. Transmisja bloków nie jest kwitowana przez stację odbiorczą. W przypadku przekłamań w transmisji zakłócone bloki są wyświetlane w postaci czarnych pól. Każdy z bloków posiada wprawdzie własne dane korekcyjne, ale w przypadku

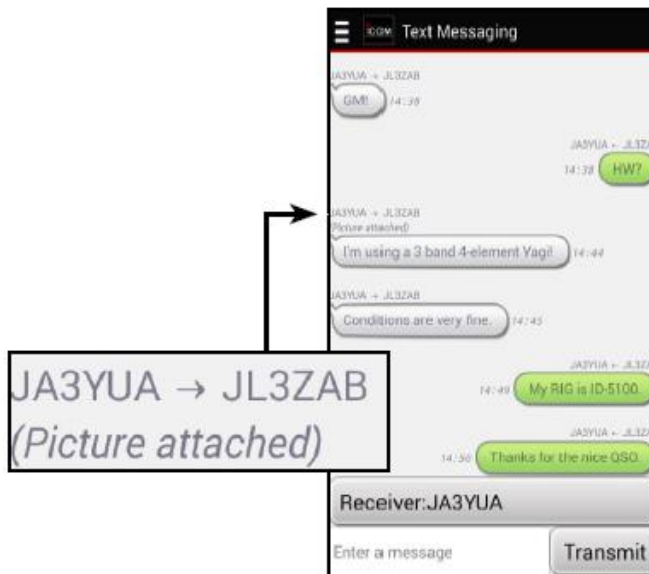
błędnego odbioru nie są one powtarzane. Program nadawczy pozwala także na transmisję części obrazu i dzięki temu na inteligentne uzupełnianie brakujących bloków. Do wyboru są rozdzielczości 160 x 120, 320 x 240 i 640 x 480.

Najbardziej rozpowszechnionym formatem jest format 320 x 240 punktów, zapewniający wystarczająco dobrą jakość obrazu przy około dwuminutowym czasie jego transmisji ze standardową szybkością (pod względem rozdzielczości i czasu transmisji jest on zbliżony do analogowych norm SSTV Martin 1 i Scottie 1). Szybkość standardowa pozwala na korzystanie z dowolnych modeli domowych mikroprzezienników, a czas transmisji nie przekracza najczęściej stosowanych na przeziennikach sieci ograniczeń czasu nadawania. Przy rozdzielczości 640 x 480 punktów i wysokiej jakości obrazów ich transmisja trwa w przybliżeniu 6 minut przy standardowej szybkości przekazu. Przy dłuższym czasie transmisji rośnie jednak nie tylko prawdopodobieństwo przerwania wskutek ograniczeń czasu nadawania przezienników, ale i prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń odbioru.

Nowsze modele radiostacji pozwalają na skrócenie czasu transmisji dzięki szybkiej transmisji danych dającej około 3,5-krotne skrócenie czasu transmisji. W tym trybie cała przepustowość kanału 3600 bit/s jest przeznaczona dla danych obrazowych (w trybie standardowym jest ona podzielona między dane głosowe – 2400 bit/s – i obrazowe – 1200 bit/s). Stosowanie trybu szybkiej transmisji niesie jednak ze sobą dalsze wyzwania techniczne.

Stacja nadawcza musi być przełączona przez operatora na większą szybkość przed rozpoczęciem transmisji, natomiast stacja odbiorcza dostosowuje się automatycznie. Dotyczy to jedynie nowszych modeli takich jak ID-51 PLUS(2), ID-5100, ID-52, IC-9700 czy IC-705. Starsze pięćdziesiątki jedyńki, IC-7100 itp. dysponują tylko standardową szybkością. O ile transmisja przez lokalny przeziennik zasadniczo przebiega bezproblemowo, o tyle w sieci sprawa nie jest już taka pewna i wymaga eksperymentowania. Przy dostatecznej sile sygnału bezpośrednie łączności simpleksowe nie powinny również przysparzać problemów.

Zdjęcia przeznaczone do nadania można wykonać aparatem wbudowanym do telefonu lub komputera i w miarę potrzeby można je poddać obróbce w programie graficznym, a następnie zapisać w galerii obrazów. Pozwala to na przygotowanie materiałów zawczasu. Obrazy odebrane można również zapisać w galerii i ewentualnie później przenieść na PC. Obrazy przeznaczone do nadania muszą mieć kształt poziomego prostokąta o stosunku boków 4:3, jedną z trzech wymienionych rozdzielczości i być zapisane w formacie jpg. Do obróbki obrazów ICOM opracował program ST-4001 w wersjach dla Androida, Windows i iOS. Pozwala on na dopasowanie wymiarów obrazu do wymaganego formatu, dopisanie znaku wywoławczego itd. Niezależnie od rozdzielczości do transmisji można wybrać jakość niską, standardową lub wysoką, a przez to także czas transmisji. Obrazy odebrane są automatycznie zapisywane w galerii, przy czym jej pojemność jest ograniczona do 500 plików. Po przekroczeniu tej granicy nowe pliki zastępują najstarsze.



Rys. 2.2.6. Okno historii odbioru Rys. 2.2.7. Okno transmisji wiadomości tekstowych

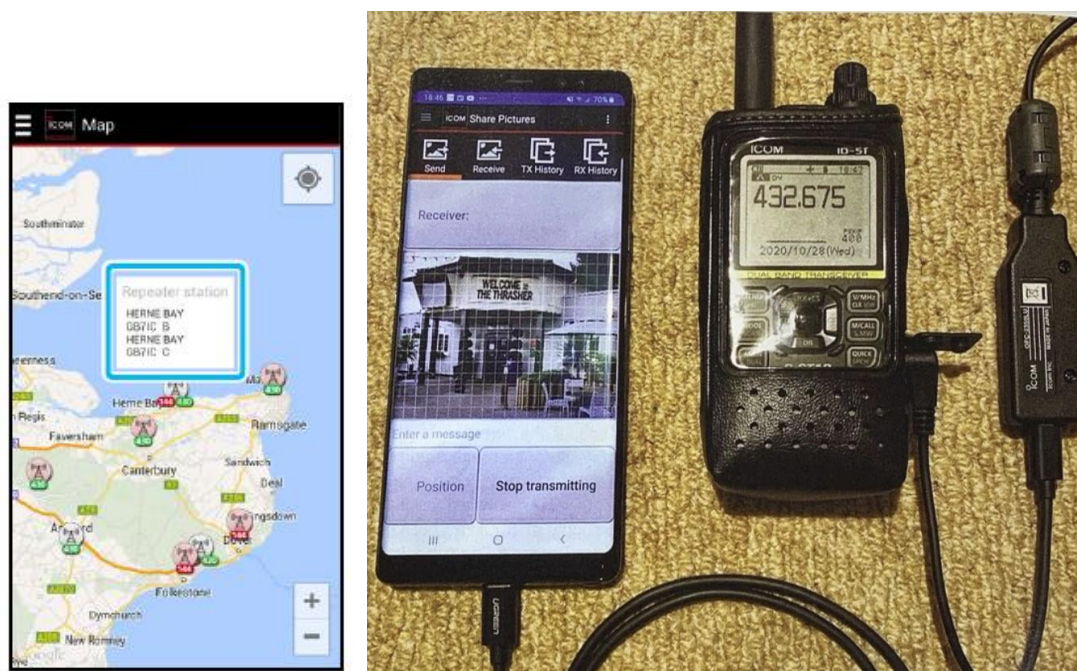
W oknie odbioru (rys. 2.2.4) wyświetlane są informacje o odebranych obrazach, a znajdujący się w nim przycisk „Save” służy do jego zapisu w katalogu „Pictures”.

Okno historii transmisji (rys.2.2.5) wyświetla katalog uprzednio nadawanych obrazów. Ich maksymalna liczba jest ograniczona do 500. Naciśnięcie w nim obrazu przez czas przekraczający 1 sekundę powoduje skasowanie go. W oknie historii odbioru wyświetlany jest katalog obrazów odebranych również w maksymalnej liczbie 500. Po odebraniu 501 obrazu najstarszy zostaje skasowany. Przcisnięcie wybranego obrazu przez ponad sekundę powoduje jego skasowanie.

Kabla OPC-2350LU można użyć do połączenia z komputerem androidowych modeli radiostacji: ID-31E PLUS, ID-51E PLUS, PLUS 2, IC-9700, IC-7100, ID-51E, a ID-4100E, ID-5100E i IC-705 dysponują łączami *Bluetooth* (konieczne jest zainstalowanie odpowiednio modułów UT-137 lub UT-133). IC-705 wymaga kabla typu OPC-2417 albo OPC-2418 jeżeli nie jest wykorzystywane złącze Bluetooth. Połączenie kablowe komputera z radiostacją powoduje zwiększenie poboru prądu z jego akumulatora i dlatego opłaca się odłączanie kabla jeśli nie jest on używany. W zależności od modelu komputera i jego konfiguracji zasilanie złącza USB może być wyłączane po jego przejściu w tryb uśpienia lub oszczędnościowy. W takim wypadku należy zaznaczyć pole „ScreenTimeout” w konfiguracji RS-MS1A. Użytkownicy radiostacji ID-52E (Plus2) nie mogą korzystać jednocześnie z programów RS-MS1A i RS-MS3A.

W odróżnieniu od pozostałych modeli ID-31E, ID-51E i IC-7100 jako starsze nie dysponują zwiększoną szybkością transmisji danych (*DV Fast data*), funkcją DR ani możliwością konfiguracji przez komputer. Radiostacja TH-D74 Kenwooda współpracuje z programem przez złącze Bluetooth, ale konieczne jest sparowanie jej najpierw z komputerem, a dopiero potem można wywołać program.

Do przygotowania zdjęć do transmisji można posłużyć się programem ST-4001A. Pozwala on także na przesyłanie obrazów przez WiFi bezpośrednio do radiostacji typów ID-52, IC-705 (także przez złącze Bluetooth) i IC-9700 (wymaga oprogramowania wewnętrznego w wersji 1.2 lub nowszej) w celu ich nadania. ST-4001A pracuje pod Androidem 5.0 i nowszymi wersjami. Oczywiście można też korzystać z dowolnego innego programu graficznego pod warunkiem przestrzegania wymaganego formatu i dopuszczalnych rozdzielczości obrazu.



Rys. 2.2.8. Okno mapy Fot. 2.2.9. Przenośny zestaw do transmisji obrazów

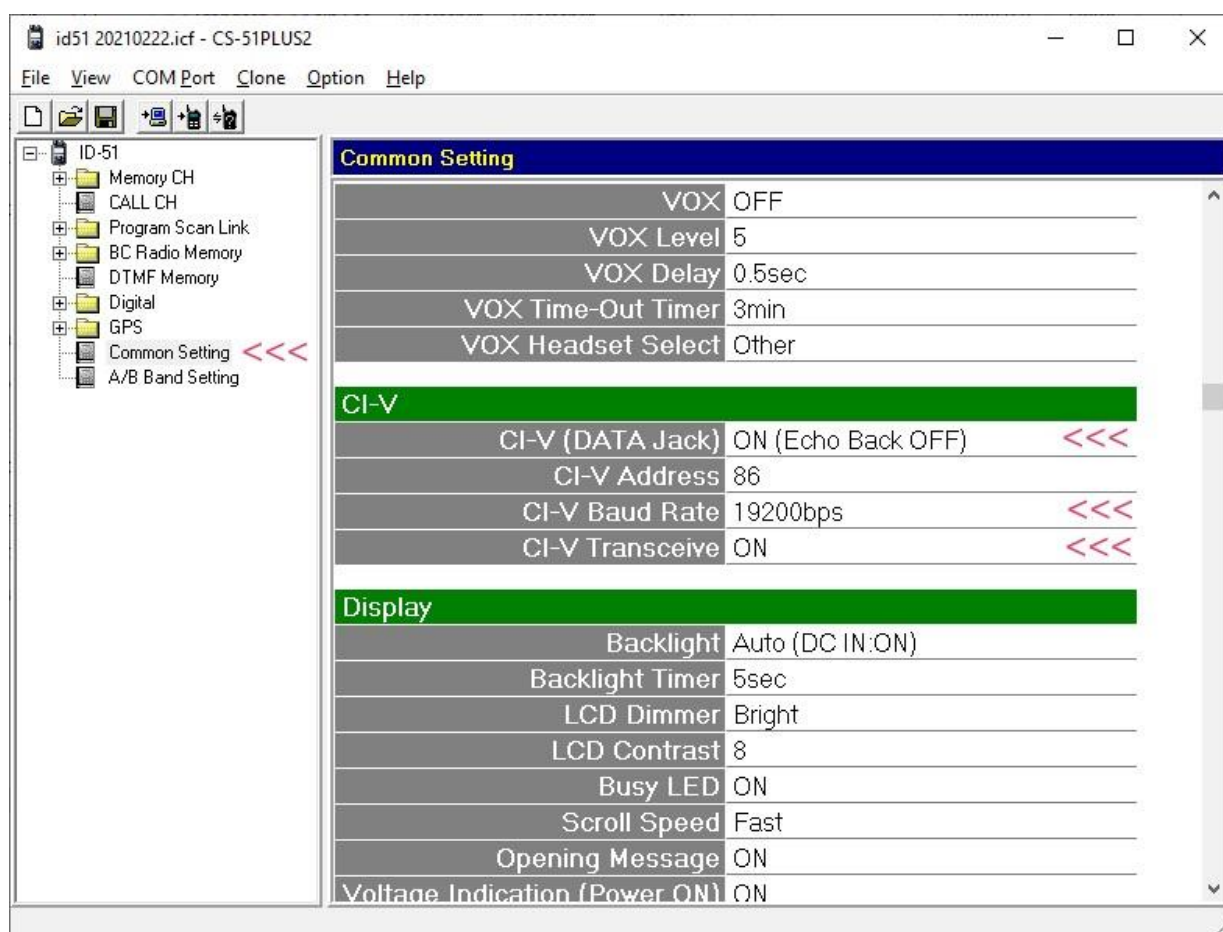
W trybie szybkiej transmisji danych pełna przepustowość kanału 3600 bit/s jest przeznaczona dla danych, natomiast w trybie standardowym jest ona podzielona w stosunku 2400 bit/s do 1200 bit/s między cyfrowy sygnał głosu (z korekcją) i dane (bez korekcji).

W zależności od wersji oprogramowania wewnętrznego niektórych modeli radiostacji konieczne może być używanie nowszych lub nieco starszych wersji RS-MS1A. W niektórych wersjach dodatkowo do wymienionych powyżej punktów dodano możliwość wyświetlania pozycji stacji na mapach zapamiętanych lokalnie bez konieczności łączenia się w tym celu z Internetem („Offline map”) i możliwość wyświetlania odczytanego z radiostacji spisu przemienników („Repeater list”).

Korzystanie z programu RS-MS1A i połączenia komputera z radiostacją wymaga dostosowania niektórych ustawień radiostacji. Dla ID-51E PLUS2 są to:

- w punkcie „CI-V (Data Jack)” ustawienie „ON (Echo Back OFF)”,
- w punkcie „CI-V Transceive” ustawienie „ON”,
- w punkcie „CI-V Baud Rate” – szybkość 19200 bit/s.

W przypadku niewłaściwych ustawień w radiostacji program melduje brak połączenia albo brak kabla USB. Oznaczenia parametrów dla innych modeli radiostacji Icom są albo identyczne albo bardzo zbliżone. Szczegóły są podane w ich instrukcjach obsługi (ewentualnie w instrukcjach rozszerzonych – „Advanced” – a nie w podstawowych). Zmiany ustawień można dokonać albo w menu radiostacji albo w wygodniejszy sposób w jej programie konfiguracyjnym CS (rys. 2.2.10).



Rys. 2.2.10. Ustawienia niezbędne dla korzystania z RS-MS1A na przykładzie radiostacji ID-51E PLUS2 w programie konfiguracyjnym CS-51PLUS2

Wersja programu RS-MS11 dla iOS pozwala na korzystanie jedynie ze złącza BT i obsługuje jedynie ID-4100, ID-52 i IC-705. Oprócz transmisji obrazów i wiadomości tekstowych pozwala na zmianę niektórych parametrów konfiguracyjnych radiostacji, ładowanie spisów przemienników, korzystanie z trybu DR, transmisji danych z większą szybkością oraz eksportu i importu danych. Odpowiednie okna programu są na tyle zbliżone do okien wersji androidowej, że nie wymagają dodatkowego omówienia.

### 2.3. Program ST4001A

Program służy do wyboru obrazu przeznaczonego do nadania (z archiwum albo z aparatu fotograficznego), przycięcia go do wymaganych wymiarów i przekazania do radiostacji za pośrednictwem złącza BT albo lokalnej sieci WLAN. ST-4001A pracuje pod Androidem 5.0 i nowszymi wersjami. Oprócz wersji androidowej i windowsowej istnieje też wersja dla iOS.

Korzystanie ze złącza BT wymaga uprzedniego włączenia go w radiostacji (ID-52, IC-705) i sparowania jej z komputerem. Radiostacja musi być wyposażona w moduł pamięci mikroSD.

Po wywołaniu programu należy nacisnąć na okno nadawanego obrazu (zawierające symbol gór i słońca w prostokątnej obwódce). Użytkownik ma do wyboru archiwum zapisane na komputerze lub zdjęcie wykonane na bieżąco aparatem fotograficznym komputera albo telefonu.

Naciśnięcie na ekranie przycisku ze skierowaną w prawo strzałką powoduje przesłanie go do radiostacji przez wybrane złącze (BT lub WLAN) pod warunkiem, że jest ona włączona. Odebrany przez radiostację obraz jest zapisywany w pamięci mikroSD. Nazwa pliku jest tworzona automatycznie na podstawie daty i czasu odbioru obrazu przez radiostację.

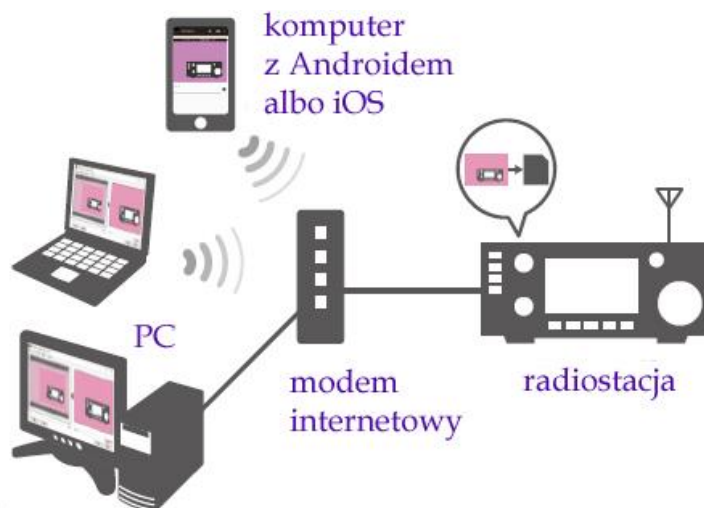
W górnym menu programu pod wielokropkiem znajduje się punkt pozwalający na wybór złącza. W przypadku złącza BT konieczne jest włączenie go w radiostacji i wspomniane już poprzednio sparowanie urządzeń. Dla złącza WLAN konieczne jest wpisanie adresu IP radiostacji w lokalnej (domowej) sieci WiFi. Konfiguracja połączenia radiostacji (IC-705, IC-9700) z lokalną siecią jest podana w jej instrukcji obsługi. W odpowiednich punktach menu należy podać nazwę sieci i hasło dostępu do niej.



Rys. 2.3.1. Transmisja danych z ST4001A do ID-52

W przypadku wystąpienia trudności w transmisji obrazu należy sprawdzić czy radiostacja jest włączona, czy włączone (i ewentualnie skonfigurowane) jest w niej wybrane złącze, czy do radiostacji jest włożony moduł pamięci mikroSD, czy radiostacja znajduje się w normalnym trybie pracy i ewentualnie także czy jest ona wyposażona w najnowszą wersję oprogramowania wewnętrznego (ang. *firmware*). Na komputerze lub telefonie należy sprawdzić czy włączone jest używane złącze. Zwłaszcza złącze BT jako rzadziej używane może być wyłączone.

Na ekranie komputera poniżej okna wybranego obrazu znajduje się linia, w której można wprowadzić tekst podpisu. Znajdujące się po jej prawej stronie kółko zębate służy do wywołania okna konfiguracyjnego podpisu: jego położenia na tle obrazu, wyboru czcionki, jej kroju, koloru itp.



Rys. 2.3.2. Transmisja danych z ST4001A do IC-9700



Rys. 2.3.3. Okno główne ST4001A. Pod symbolem wielokropka znajduje się konfiguracja złączy WiFi i BT, a pod symbolem trybika – modyfikacja właściwości tekstu

## 2.4. Tryb obrazowy w radiostacjach Icoma

Nowsze modele radiostacji Icoma ID-52, IC-705 i IC-9700 dysponują trybem obrazowym umożliwiającym nadawanie uprzednio przygotowanych obrazów z pamięci SD i zapisywanie odebranych bez połączenia z komputerem. Obrazy wybrane do nadania i odebrane są wyświetlane w miniaturze na wyświetlaczu radiostacji. Po przeniesieniu modułu pamięci do komputera można je oczywiście wygodniej oglądać na większym ekranie monitora, kopiować na komputer itp.

Po naciśnięciu okienka nadawczego lub odbiorczego gałka strojenia służy do wyboru wyświetlanych obrazów. W trakcie odbioru powinno być wybrane okienko odbiorcze, a w trakcie nadawania – nadawcze. Tryb obrazowy pozwala na pozostawienie radiostacji przez dłuższy czas bez nadzoru i późniejsze obejrzenie odebranych w tym czasie obrazów. Konieczne jest oczywiście uprzednie połączenie się z reflektorem lub przemiennikiem, na którym można się spodziewać aktywności w tym czasie.

Przenoszenie obrazów z komputera PC do radiostacji na module pamięciowym wymaga wyłączenia radiostacji, wyjęcia z niej modułu, włożenia go do czytnika na PC i skopiowania wybranych plików do pamięci microSD do katalogu „Picture”. Następnie należy przełożyć moduł do (wyłączonej w tym czasie) radiostacji. W przypadku gdy radiostacja jest połączona z PC za pomocą kabla USB komputer ma bezpośredni dostęp do modułu pamięciowego. W ID-52 należy włączyć połączenie USB w menu SET> Function > **USB Connect**.

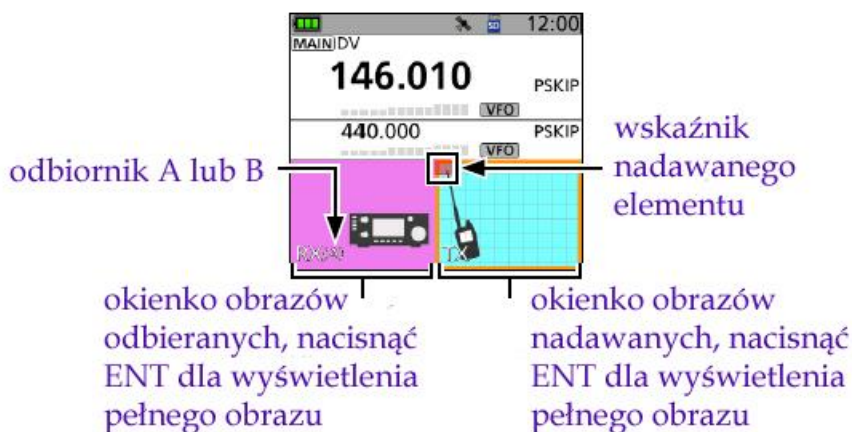
### 2.4.1. ID-52

Korzystanie z trybu obrazowego wymaga włożenia do radiostacji modułu pamięci microSD. Odbiór obrazów od korespondenta jest wprawdzie możliwy bez niego, ale nie są one wówczas rejestrowane, a jedynie wyświetlane na wyświetlaczu. Modułu nie należy też usuwać przy włączonym trybie obrazowym gdyż może to spowodować utratę danych.

Obrazy przeznaczone do nadania muszą być zapisane w formacie .jpg i w tym formacie są również zapisywane obrazy odebrane. Dopuszczalnymi rozdzielnościami dla obrazów nadawanych są 640 x 480, 320 x 240 i 160 x 120 punktów (zgodnie z normą D-Star). Rozmiar pliku nie może przekraczać 200 kB, a długość nazwy – 23 znaków alfanumerycznych. Radiostacja nie odczytuje plików z rozszerzeniem .jpeg ani w tym formacie. Stosunek boków obrazu musi wynosić 4:3. Ograniczenia te (poza długością nazwy) dotyczą też transmisji przy użyciu komputera.

W spisie treści pamięci wyświetlanych jest maksymalnie 500 plików obrazowych nawet jeżeli na module zapisanych jest więcej.

Włączenie trybu obrazowego wymaga wybrania punktu „PICTURE” w menu (po naciśnięciu klawisza „MENU”). W trybie obrazowym w dolnej części wyświetlacza widoczne są okienka obrazów odbieranych i nadawanych (rys. 2.4.1.1). W celu wyjścia z trybu obrazowego należy nacisnąć klawisz menu kontekstowego „QUICK” i wybrać w nim punkt „<<Eit Picture Screen>>”.



Rys. 2.4.1.1. Wyświetlacz ID-52 w trybie obrazowym. W przypadku równoległego odbioru obrazów przez odbiornik główny i pomocniczy wyświetlany jest obraz odbierany przez odbiornik główny. Obraz odbierany przez odbiornik pomocniczy jest zapisywany w pamięci microSD

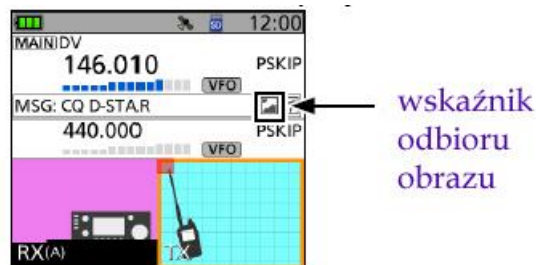


W czasie nadawania w okienku nadawczym wyświetlana jest siatka elementów, na które jest podzielony obraz, a ruchomy czerwony wskaźnik informuje o przebiegu transmisji. Gęstość siatki (czyli rozmiar bloków) zależy od rozdzielczości transmitowanego obrazu.

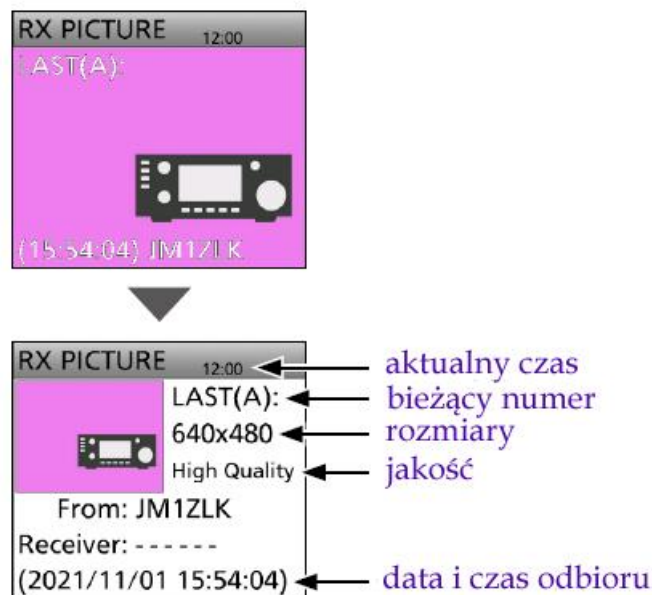
Tabela 2.4.1.1

Menu kontekstowe w trybie obrazowym

Punkt menu kontekstowego	Znaczenie	
PICTURE TX [transmisja obrazów]	OFF [wyłącz]	Wyłączenie transmisji obrazów
	Single TX [pojedyncza transmisja]	Włączenie transmisji. Obraz jest nadawany po naciśnięciu przycisku nadawania. Po nadaniu pełnego obrazu funkcja jest wyłączana
	Repeat TX [powtarzanie]	Obraz jest nadawany wielokrotnie
<<TX All>>	Nadawanie obrazu z większą szybkością [ <i>DV Fast data</i> ]	
<<Back To 1st>>	Powrót wskaźnika nadawczego na początek obrazu	
<<Exit Picture Screen>>	Wyjście z trybu obrazowego	



Rys. 2.4.1.2. Wskaźnik odbioru danych obrazowych



Rys. 2.4.1.3. Wyświetlane pełnego obrazu i szczegółowych danych

Odbierane obrazy są zapisywane w pamięci microSD. Ich maksymalna liczba wynosi 50. Każdy następny powoduje skasowanie z archiwum najstarszego. Do przełączania między oknami nadawczym i odbiorczym służą poziome przyciski na pierścieniu manipulatora wielofunkcyjnego. Do wyboru obrazu spośród zapisanych służy gałka strojenia.

Po przycisnięciu środkowego klawisza [ENT] na środku przycisku wielofunkcyjnego odebrany obraz jest wyświetlany na całej powierzchni wyświetlacza. Przyciski „w górę” i „w dół” na pierścieniu powodują wywołanie okienka zawierającego szczegółowe informacje dotyczące obrazu.

Menu kontekstowe przy wybraniu okna odbiorczego pozwala na powiększanie obrazu, jego zapis, kasowanie albo kasowanie wszystkich obrazów. Są to odpowiednio punkty „Zoom Picture”, „Save”, „Delete” i „Delete All”.

W celu nadania obrazu należy na ekranie trybu obrazowego wybrać okienko nadawcze (prawe) i następnie za pomocą gałki strojenia wybrać z pamięci pożądany obraz.

Po przycisnięciu środkowego klawisza [ENT] na środku przycisku wielofunkcyjnego obraz przeznaczony do nadania jest wyświetlany na całej powierzchni wyświetlacza. Przyciski „w górę” i „w dół” na pierścieniu powodują wywołanie okienka zawierającego szczegółowe informacje dotyczące obrazu. Pozwala to na zmianę rozdzielczości i jakości obrazu przed rozpoczęciem transmisji (do wyboru są trzy stopnie jakości i trzy rozdzielczości). Najczęściej stosowana jest rozdzielczość 320 x 240 punktów i standardowa jakość. Zwiększenie jakości i rozdzielczości powoduje znaczne przedłużenia czasu transmisji obrazu, a ich zmniejszenie skraca wprawdzie czas transmisji, ale daje zauważalne pogorszenie wyglądu obrazu. Punkt „Default” w menu kontekstowym służy do powrotu do ustawień domyślnych (standardowych). Wprowadzenie znaku odbiorcy (adresata obrazu) informuje jedynie dla kogo jest on przeznaczony, ale jest on odbierany przez wszystkich. Nie jest to żaden rodzaj wywołania selektywnego.

W miarę możliwości należy korzystać z transmisji przyspieszonej (za pomocą punktu „<<TX All>>” w menu kontekstowym. Transmisja wymaga naciśnięcia przycisku nadawania na radiostacji. Przyspieszony tryb transmisji należy wybierać jedynie gdy wyposażenie u korespondenta (radiostacja, mikroprzemiennik) pozwalają na korzystanie z niej. W trakcie transmisji w trybie przyspieszonym rozpoczęcie nadawania głosu powoduje automatyczny powrót do standardowej szybkości transmisji na czas mówienia.



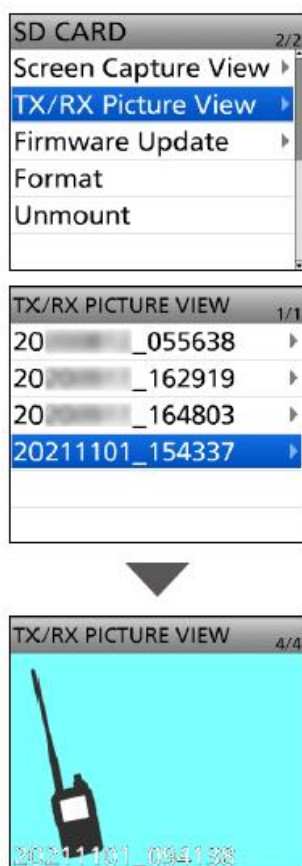
Rys 2.4.1.4. Wyświetlanie pełnego obrazu nadawanego i jego danych, z możliwością ich zmiany

Przyciski poziome „w prawo” i „w lewo” na pierścieniu manipulatora wielofunkcyjnego przesuwają wskaźnik transmisji w przód lub w tył przed rozpoczęciem nadawania. Pozwala to na wybranie menu początkowego np. po przerwaniu transmisji i jej wznowianiu. Do powrotu wskaźnika na początek (pierwszy element) służy punkt „Back to 1st” w menu kontekstowym. W celu zamknięcia okna nadawczego należy nacisnąć klawisz „Menu”.

Menu kontekstowe przy wybraniu okna nadawczego pozwala na powtórne nadanie obrazu (punkt „Retransmit”), powiększenie go („Zoom Picture”), kasowanie bieżącego obrazu („Delete”) i kasowanie

wszystkich („Delete All”). Nie można kasować obrazu jeśli jest on przeznaczony do powtórnej transmisji i nie można też wybrać następnego obrazu do nadania jeśli transmisja poprzedniego nie została jeszcze zakończona.

Punkt menu SET > SD CARD > **TX/RX Picture View** służy do oglądania obrazów z archiwum (rys. 2.4.1.5). Po jego wywołaniu wyświetlany jest spis plików, z którego można wybierać pożądane obrazy. Muszą one spełniać wymagania stawiane obrazom nadawanym po kątem rozdzielczości, formatu itp. Menu kontekstowe w trybie przeglądania umożliwia odczyt informacji o obrazach („File Information”), kasowanie oglądanego obrazu („Delete”) i kasowanie wszystkich („Delete All”).



Rys. 2.4.1.5

## 2.4.2. IC-705 i IC-9700

Praca w trybie wymiany obrazów wymaga włożenia modułu SD lub microSD do szczeliny w radiostacji. W przeciwnym przypadku odebrane obrazy są wprawdzie wyświetlane ale nie mogą być zapisane. Podczas pracy w trybie obrazowym nie należy wyjmować modułu SD gdyż grozi to ewentualną utratą danych. Podobnie jak w przypadku ID-52 pliki obrazowe muszą nosić rozszerzenia *.jpg* i mieć format jpg o wymiarach 640 x 480, 320 x 240 lub 160 x 120 punktów. Rozmiar pliku nie może przekraczać 200 kB a jego nazwa nie może być dłuższa niż 23 znaki alfanumeryczne plus rozszerzenie. Niedopuszczalne są pliki o formacie jpeg i takim samym rozszerzeniu. Wymagany jest format 4:3. Liczba plików wyświetlanych w spisie jest ograniczona jest ograniczona do 500.


Program ST4001 w wersjach dla Androida, iOS i Windows służy do przekazania przygotowanych obrazów z komputera do radiostacji przez sieć albo Bluetooth zależnie od jej możliwości.

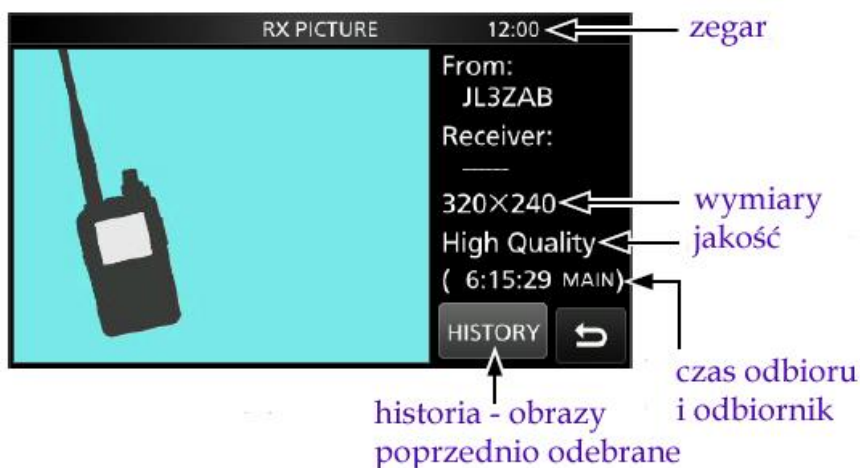
Włączenie trybu obrazowego następuje w punkcie „(2) PICTURE” w menu. Do zamknięcia okna obrazowego służy przycisk powrotu (z zawiniętą strzałką) u dołu po prawej stronie ekranu.



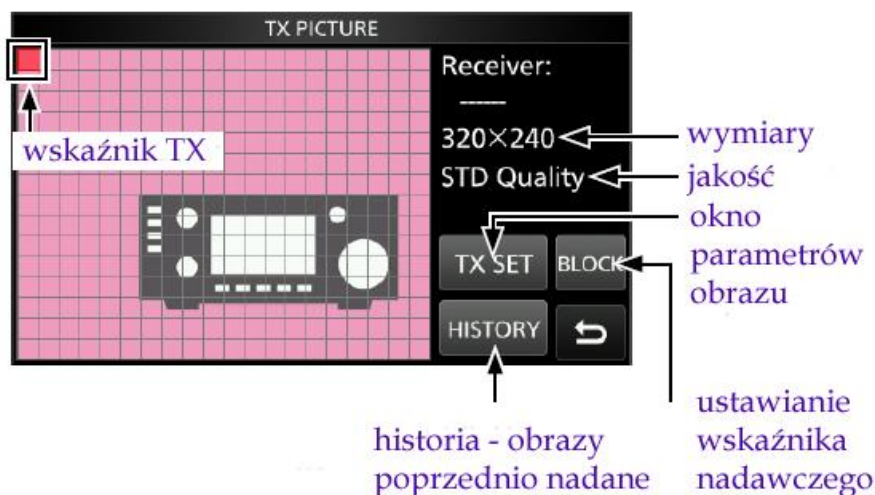
Rys. 2.4.2.1. Ekran w trybie obrazowym. W przypadku odbioru obrazów przez oba odbiorniki wyświetlany jest tylko obraz pochodzący z odbiornika głównego. Zapisywane są oba obrazy

Tabela 2.4.2.1  
Znaczenie przycisków ekranowych w trybie obrazowym

Przycisk	Znaczenie	
PICT TX [nadawanie obrazu]	Nacisnąć	Włączenie lub wyłączenie nadawania obrazów
	Nacisnąć i przytrzymać przez 1 sekundę	Wyświetlany jest symbol strzałek i transmisja jest ciągle powtarzana 
TX ALL	Nadawanie obrazu ze zwiększoną szybkością ( <i>DV Fast Data</i> )	
1st	Po przytrzymaniu przez 1 sekundę przesuwa wskaźnik transmisji na początek	
„(i)”	Wyświetla adres IP radiostacji i nazwę sieci lokalnej. Sposób połączenia radiostacji z siecią jest opisany w instrukcji obsługi	



Rys. 2.4.2.2. Okno obrazów odbieranych



Rys. 2.4.2.3. Okno obrazów nadawanych



Rys. 2.4.2.4. Wskaźnik odbioru danych obrazowych

Dotknięcie wskaźnika odbioru obrazu powoduje wywołanie ekranu odbiorczego. Wskaźnik można wyłączyć w menu korzystając z punktu SET > Display > **RX Picture Indicator**.

Obrazy można przygotować na komputerze i wysłać za pomocą programu ST4001A (I, W) przez sieć lub w przypadku IC-705 także przez złącze BT.

W przypadku niemożności przetransmitowania obrazu do radiostacji należy sprawdzić czy radiostacja jest włączona i połączona z siecią, lub czy funkcjonuje połączenie BT, czy włożony jest moduł pamięci, czy radiostacja jest wyposażona w ostatnią wersję oprogramowania wewnętrznego (ang. *firmware*). Na komputerze należy sprawdzić ustawienia używanego złącza, a dla złącza sieciowego – czy podany jest właściwy adres IP radiostacji.

Obrazy można także przenieść z komputera w pamięci microSD. Należy wyłączyć radiostację, wyjąć moduł, włożyć go do czytnika na komputerze, skopiować pożądane pliki do katalogu (foldera) „Pictures” i włożyć go do radiostacji. Dopiero po włożeniu pamięci można włączyć radiostację. W celu nadania obrazów odebranych od innych stacji należy je przekopiować do katalogu „Pictures”.

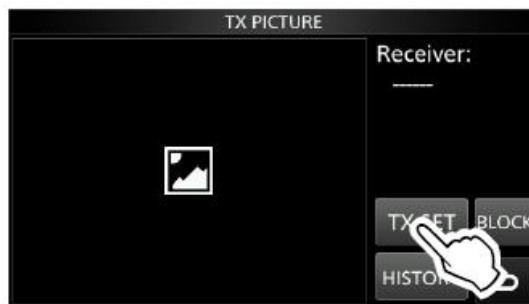
W celu nadania obrazu należy przejść do trybu obrazowego i nacisnąć w nim okienko obrazów nadawanych (rys. 2.2.5). Po naciśnięciu przycisku „TX SET” (rys. 2.4.2.6) otwierane okno parametrów obrazu (rys. 2.4.2.7).

Punkt „TX Picture” otwiera okno, w którym można wybrać obraz i po naciśnięciu przycisku SET – ustawić jego parametry. Wyboru obrazu przeznaczonego do nadania dokonuje się obracając gałkę strojenia. Wyświetlane są jedynie obrazy spełniające opisane powyżej kryteria dotyczące formatu pliku i samego obrazu (rys. 2.4.2.8).

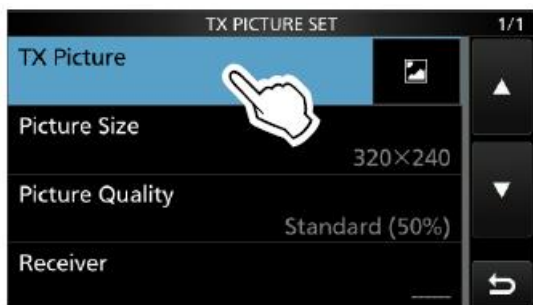
Po naciśnięciu przycisku parametrów („SET”) użytkownik może wybrać rozdzielczość transmitowanego obrazu, jego jakość i podać znak odbiorcy. Obrazy są wyświetlane we wszystkich stacjach odbierających je, a znak adresata informuje jedynie dla kogo są przeznaczone. Nie jest to żaden rodzaj wywołania selektywnego i podawanie znaku odbiorcy nie jest obowiązkowe. W celu zamknięcia okien parametrów należy kilkakrotnie nacisnąć przycisk powrotu znajdujący się w prawym dolnym rogu.



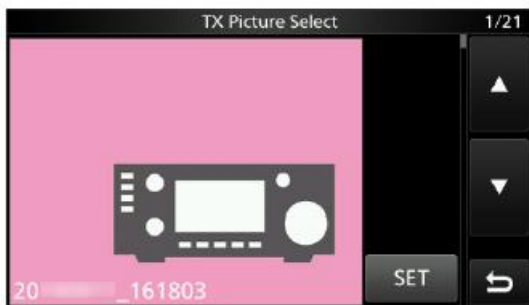
Rys. 2.4.2.5



Rys. 2.4.2.6

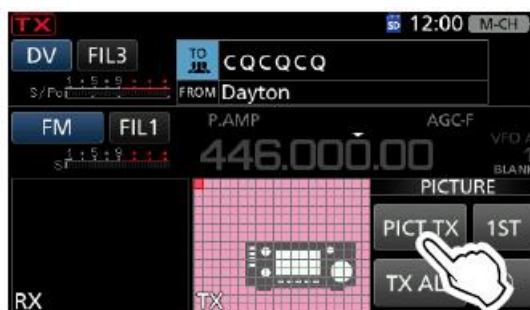


Rys. 2.4.2.7



Rys. 2.4.2.8

Nadanie obrazu ze standardową szybkością wymaga naciśnięcia przycisku ekranowego „PICT TX”. Następnie należy nacisnąć klawisz nadawania „Transmit” na przedniej ścianie radiostacji albo nacisnąć przycisk nadawania na mikrofonie. Na ekranie wyświetlany jest sygnalizator transmisji obrazu. Naciśnięcie przycisku „TX ALL” zamiast „PICT TX” powoduje nadawanie obrazu ze zwiększoną szybkością transmisji (*DV Fast Data*).



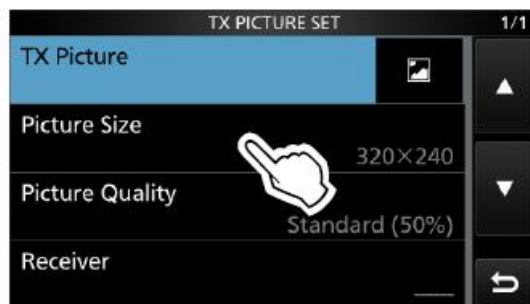
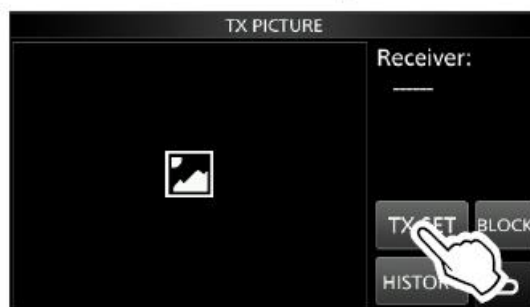
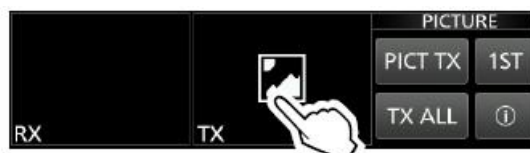
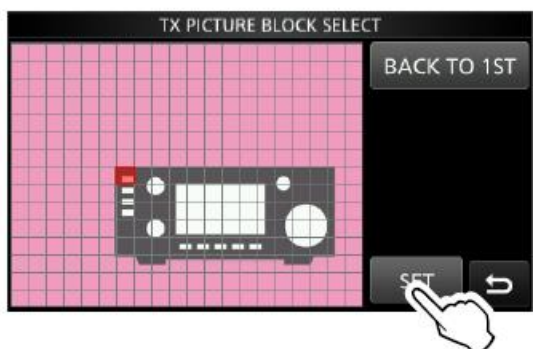
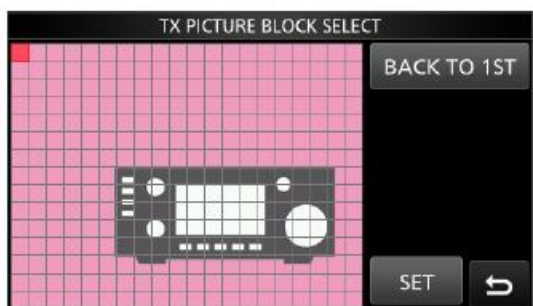
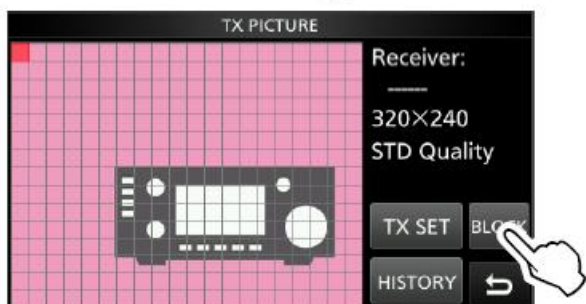
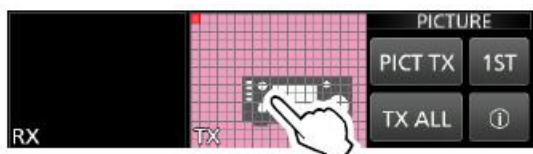
Rys. 2.4.2.9. Transmisja obrazu



Rys. 2.4.2.10. Transmisja obrazu

Z transmisji przyspieszonej należy korzystać po upewnieniu się, że korespondent i ewentualnie inne odbierające stacje mogą z niej korzystać i że nie ma ograniczeń ze strony przemienników albo mikroprzemienników. Rozpoczęcie nadawania głosu w trakcie transmisji obrazu ze zwiększoną szybkością powoduje automatyczne przełączenie na szybkość standardową, żeby zwolnić część przepustowości dla transmisji głosu. W IC-9700 należy ustawić parametr „PTT Port Function” na „PTT Input” aby umożli-

wię transmisję głosu po naciśnięciu przycisku nadawania na mikrofonie w trakcie transmisji obrazu. Służy do tego punkt menu: SET > Connectors > **PTT Port Function**. Naciśnięcie przycisku „BLOCK” na ekranie nadawczym (rys. 2.4.2.3; 2.4.2.11b) pozwala na przesunięcie wskaźnika nadawania, przykładowo w celu powtórzenia transmisji pewnej części obrazu. Położenie wskaźnika można zmienić dotykając pozycje na ekranie albo obracając gałkę strojenia. Przycisk „Back To 1st” powoduje powrót wskaźnika na początek obrazu. Po przesunięciu wskaźnika należy nacisnąć przycisk „SET” (rys. 2.4.2.11d), a w celu zamknięcia okna nadawczego – przycisk powrotu w prawym dolnym rogu. Wskaźnika nie można przesuwac w czasie nadawania obrazu.

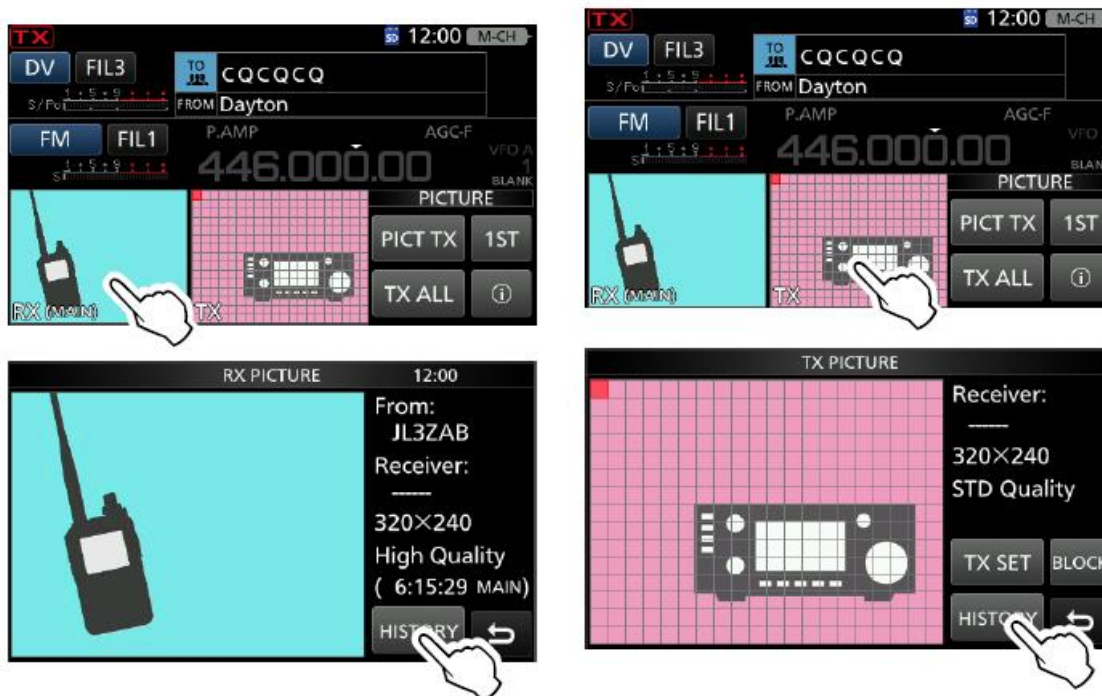


Rys. 2.4.2.11a-d. Przesuwanie wskaźnika nadawczego

Rys. 2.4.2.12a-c. Parametry obrazu

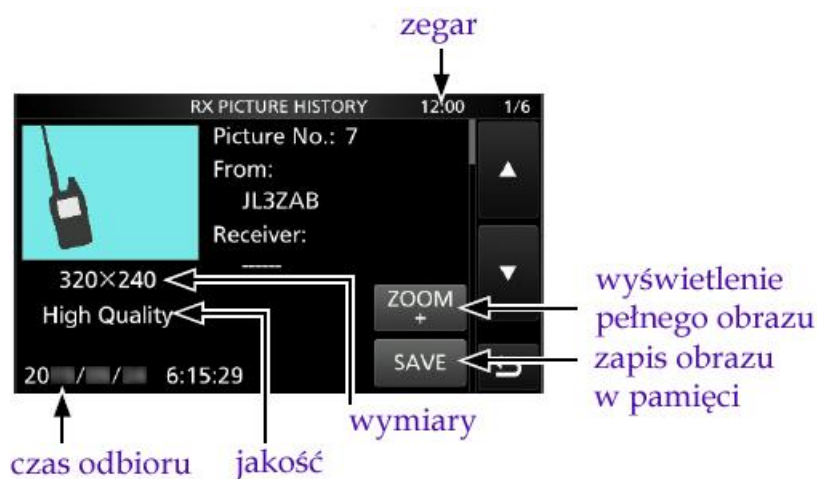
Naciśnięcie i przytrzymanie przez sekundę każdego z parametrów powoduje powrót do wartości standardowej (domyślnej). Można też skorzystać z punktu „Default” w menu kontekstowym (QUICK MENU). Do wyboru są rozdzielczości 160 x 120, 320 x 240 i 640 x 480 punktów (standardowo 320 x 240) i jakości: niska (*Low*, 25%), standardowa (50%) i wysoka (*High*, 75%). Znak adresata może pozostać pusty (nie jest obowiązkowy) i ma jedynie znaczenie informacyjne. Obraz może być odbierany przez wszystkich.

Zbiór odebranych obrazów (historia) może zawierać maksymalnie 50 elementów. Następne odebrane obrazy zastępują najstarsze. W celu obejrzenia historii odbioru należy przejść do trybu obrazowego korzystając z punktu (2) > PICTURE w menu, dotknąć okienka odbiorczego po lewej stronie u dołu wyświetlacza i nacisnąć przycisk „HISTORY” („Historia”) patrz rys. 2.4.2.13a. Do wyboru obrazów służy gałka strojenia. Dla każdego obrazu wyświetlany jest znak nadawcy, rozmiar (rozdzielczość), jakość oraz czas i datę odbioru (rys. 2.4.2.13b. Menu kontekstowe zawiera punkty kasowania obrazu („Delete”) i kasowania wszystkiego („Delete All”).



Rys. 2.4.2.13a-b. Przeglądanie archiwum odbiorczego

Rys. 2.4.2.14a-b. Przeglądanie archiwum nadawczego



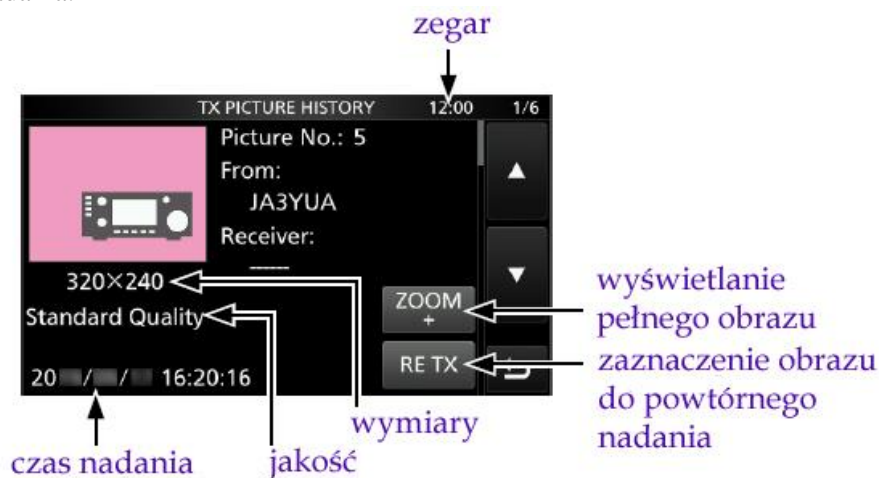
Rys. 2.4.2.15. Okno archiwum odbioru

Okno historii odbioru (rys. 2.4.2.15) zawiera miniaturę obrazu, najważniejsze informacje o nim oraz przyciski wyświetlania pełnego obrazu i zapisu w pamięci microSD. Pliki otrzymują automatycznie nazwy zawierające datę i godzinę odbioru, znak nadawczy i beżący numer.

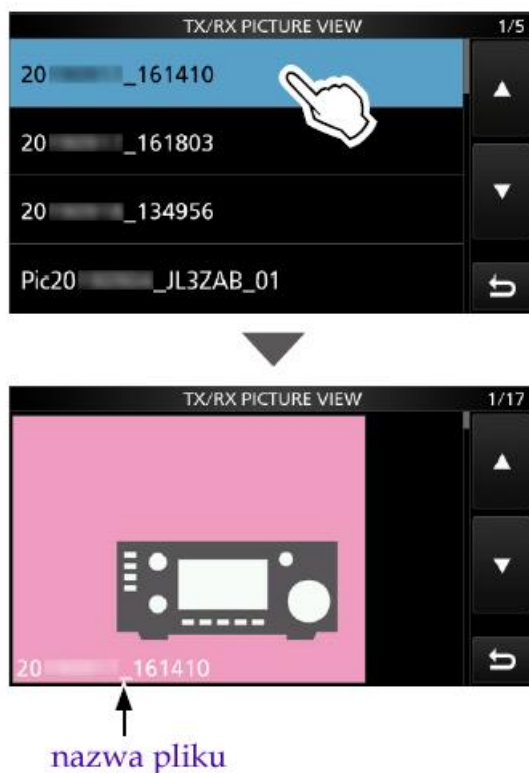
Podobnie przebiega przeglądanie archiwum (historii) obrazów nadawanych. Po przejściu do trybu obrazowego za pomocą punktu (2) PICTURE w menu należy nacisnąć okienko nadawcze u dołu wyświetlacza (rys. 2.4.2.14a) i następnie przycisk „HISTORY” („Historia”) – patrz rys. 2.4.2.14b. Do wyboru



obrazu służy gałka strojenia. W oknie historii wyświetlana jest miniatura obrazu i podstawowe informacje o nim (rys. 2.4.2.16). Menu kontekstowe pozwala na kasowanie wyświetlanego obrazu bądź wszystkich identycznie jak w archiwum odbiorczym. Nie można skasować obrazów zaznaczonych do powtórnego nadania.



Rys. 2.4.2.16. Okno archiwum nadawczego

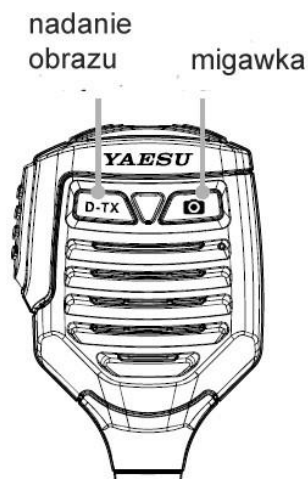


Rys. 2.4.2.17a-b. Przeglądanie katalogu „Pictures”

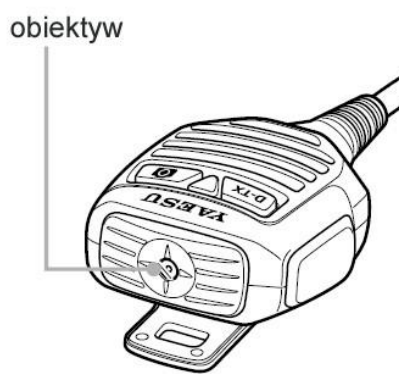
Do przeglądania zawartości katalogu „Pictures” w pamięci mikroSD należy wywołać punkt SET > SD Card > **TX/RX Picture VIEW** w menu. W wyświetlanym spisie plików można wybierać pliki przez dotknięcie nazwy na ekranie (rys. 2.4.2.17a). Wybrany obraz zostaje wyświetlony na ekranie z podaną u dołu nazwą pliku (rys. 2.4.2.17b). Przeglądanie katalogu jest niemożliwe w trakcie nadawania obrazu. Wyświetlane są jedynie obrazy spełniające wymagania odnośnie ich formatu. Menu kontekstowe pozwala na wyświetlenie nazwy pliku, rozmiaru i daty utworzenia (punkt „File Information”) i jego skasowanie (punkt „Delete”). Punkt „Delete All” pozwala na skasowanie wszystkich plików oprócz aktualnie oglądanego. Do wyjścia z trybu przeglądania służy przycisk powrotu.

## 2.5. Transmisja obrazów w systemie C4FM

Transmisja obrazów przez radiostacje C4FM jest niestety mało rozpowszechniona. Jako jeden z cyfrowych odpowiedników SSTV jest ona rozwiązaniem przydatnym dla wszystkich nie mających możliwości pracy na KF i jednocześnie nie mogących z różnych powodów zająć się amatorską telewizją ATV. W odróżnieniu od radiostacji D-Starowych konieczne jest użycie mikrofonu z kamerą, pasującego tylko do niektórych modeli radiostacji. Również oglądanie obrazów może być utrudnione w niektórych modelach. Konieczne może być zapisanie odebranych obrazów w pamięci mikroSD i przeniesienie jej na PC w celu obejrzenia. W nowszych modelach radiostacji wyposażonych w wyświetlacze graficzne możliwe jest oglądanie na nim na bieżąco odbieranych obrazów.



Rys. 2.5.1



Rys. 2.5.2

Wchodzący w skład akcesoriów dodatkowych mikrofon MH-85A11U jest wyposażony w aparat fotograficzny. Jego soczewka (obiektyw) znajduje się na górnej ścianie mikrofonu. Z przodu od strony kratki mikrofonu i głośnika znajdują się dwa klawisze. Klawisz prawy z symbolem aparatu fotograficznego (migawka) służy do robienia zdjęć, a lewy z podpisem D-TX służy do nadania ostatnio wykonanego zdjęcia.

Po zrobieniu zdjęcia jest ono widoczne przez krótki czas na wyświetlaczu i może być nadane po naciśnięciu klawisza D-TX na mikrofonie. Fotografowanie jest możliwe tylko po włożeniu pamięci mikroSD do szczeliny. Po kilku sekundach zostaje ono zapisane w pamięci mikroSD. Nazwy zapisywanych plików obrazowych zawierają kolejne numery zdjęć i są zapisywane w katalogu PHOTO.

Radiostacja musi być nastawiona na emisję C4FM. Mikrofon należy podłączać do radiostacji po jej wyłączeniu aby nie spowodować uszkodzenia go. Poniżej przytoczono odpowiednie fragmenty instrukcji obsługi dla trzech najpopularniejszych obecnie radiostacji C4FM pozwalających na transmisje obrazów. Fragmenty te pochodzą z tomu 60 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.

### 2.5.1. FTM-400D/XD

Po pierwszym podłączeniu mikrofonu należy w menu SETUP wybrać pozycję DATA, w oknie DATA wybrać przez dotknięcie punktu 1 COM PORT SETTING i w pozycji OUTPUT wybrać ustawienie OFF (CAMERA) – wyłączenie wyjścia na złączu COM. Jest to wprawdzie ustawienie domyślne, ale warto sprawdzić czy nie zostało zmienione z jakichś powodów, przykładowo dla korzystania z wyjścia danych GPS albo pakietów AX.25.

Standardowo nastawiona jest rozdzielczość 320 x 240 punktów i jakość – stopień kompresji – normalna (NORMAL). Zmiany ustawień dokonuje się w menu w punkcie OPTION -> 1 USB CAMERA. Do wyboru jest też rozdzielczość 160 x 120 punktów oraz jakości niska i wysoka. Czas transmisji obrazu przy ustawieniach domyślnych wynosi około 30 sekund. Na zakończenie transmisji obrazu wyświetlany jest meldunek „Completed”. Naciśnięcie przycisku nadawania w czasie transmisji powoduje jej prze-

rwaniu (ale z pewnym opóźnieniem). W czasie transmisji obrazu radiostacja pracuje automatycznie w trybie DW (udostępniającym pełną przepustowość), a po zakończeniu powraca do trybu DN.

Dla obejrzenia zapisanych zdjęć należy nacisnąć klawisz F/MW i wybrać na ekranie pozycję LOG (rys. 2.5.3). Dla obejrzenia zdjęcia należy nacisnąć na ekranie nazwę pliku (rys. 2.5.4).

Przycisk EDIT umożliwia w trakcie oglądania zdjęcia zmianę tytułu, DEL – skasowanie pliku, a FORWARD albo REPLY – jego nadanie. Przycisk BACK powoduje powrót do spisu plików (rys. 2.5.5). Zmiana nazw plików na PC powoduje, że nie figurują one w spisie na FTM400D/XD.



Rys. 2.5.3



Rys. 2.5.4



Rys. 2.5.5

## 2.5.2. FT-3D i FT-5D

Mikrofon należy podłączać do radiostacji po jej wyłączeniu. Po zrobieniu zdjęcia przez naciśnięcie klawisza na mikrofonie jest ono widoczne na wyświetlaczu. W celu usunięcia dolnych pól funkcyjnych (przycisków ekranowych) i obejrzenia zdjęcia w całości należy dotknąć zdjęcia na ekranie. Po ponownym dotknięciu pola funkcyjne powracają. Dla zapisania obrazu w pamięci należy nacisnąć pole SAVE. Naciśnięcie klawisza BACK lub pola DEL powoduje powrót do poprzedniego okna bez zapisania obrazu. W celu wysłania zdjęcia należy nacisnąć klawisz D-TX na mikrofonie albo pole SEND na ekranie.

Po ponownym naciśnięciu klawisza BACK albo pola OK następuje powrót do standardowego okna.

Mikrofon jest wyposażony we wtyk USB i jest włączany do gniazdka USB na bocznej ścianie radiostacji. Może być on używany również z niektórymi innymi modelami radiostacji C4FM.

Przy wykonywaniu zdjęć soczewka (obiektyw) aparatu musi być oddalona co najmniej o 50 cm od fotografowanego obiektu. Rozdzielczość zdjęcia i stopień kompresji danych (jakość) są ustalone w menu. Należy:

1. Nacisnąć i przytrzymać klawisz DISP.
2. W menu na wyświetlaczu wybrać pole OPTION, a następnie 1 USB CAMERA.

Do wyboru są rozdzielczości 160 x 120 i 320 x 240 punktów i jakości niska (LOW), zwykła (NORMAL) i wysoka (HIGH). Domyślnie wybrana jest rozdzielczość 160 x 120 i niska jakość. Zwiększenie rozdzielczości i poprawa jakości (zmniejszenie stopnia kompresji) powodują przedłużenie czasu transmisji.

Dla obejrzenia zapamiętanych zdjęć należy:

1. Nacisnąć na ekranie pole F/MW, a następnie LOG (rys. 2.5.6.a).
2. Nacisnąć pole PICT dla wywołania spisu zdjęć (rys. 2.5.6.b).
3. Nacisnąć w spisie na pożądane zdjęcie (rys. 2.5.6.c). Dla nadania wybranego zdjęcia należy nacisnąć pole SEND lub FWD, po czym można oglądać i ewentualnie nadawać następne zdjęcia. Jako adres przy nadawaniu zdjęcia można wybrać ALL lub podać znak korespondenta. Dla rozpoczęcia transmisji należy przycisnąć OK.

Po kilkukrotnym naciśnięciu klawisza BACK radiostacja powraca do wyświetlania standardowego okna częstotliwości.

Zdjęcia odebrane od innych stacji są automatycznie wyświetlane na ekranie.



Rys. 2.5.6

### 2.5.3. FTM-300D

Po zrobieniu zdjęcia jest ono widoczne przez krótki czas na wyświetlaczu i może być nadane po naciśnięciu klawisza *D-TX* na mikrofonie. Po zrobieniu zdjęcia i wyświetleniu go na ekranie można nacisnąć klawisz *F(SETUP)* aby wyłączyć pola funkcyjne *SAVE*, *SEND* i *EDIT* u dołu ekranu i obejrzeć je w całości. Po ponownym naciśnięciu klawisza *F(SETUP)* pola funkcyjne (przyciski ekranowe) są wyświetlane ponownie.

Dla zapisania zdjęcia w pamięci mikroSD należy wybrać gałką strojenia pole *SAVE* i nacisnąć gałkę. Przycisk *BACK* służy do powrotu do poprzedniego okna. Pole *SEND* podobnie jak klawisz *D-TX* na mikrofonie służy do nadania zdjęcia. Naciśnięcie przycisku nadawania w czasie transmisji powoduje jej przerwanie (ale z pewnym opóźnieniem).

Standardowo ustawiona jest rozdzielczość 320 x 240 punktów i jakość – stopień kompresji – normalna (NORMAL). Zmiany ustawień dokonuje się po naciśnięciu klawisza *F(SETUP)* w punkcie *OPTION* -> *1 USB CAMERA*. Do wyboru jest rozdzielczość 160 x 120 lub domyślna 320 x 240 punktów oraz jakości niska, normalna (ustawiona domyślnie) i wysoka. Czas transmisji obrazu przy ustawieniach domyślnych wynosi około 30 sekund.

Mikrofon MH-85A11U należy włączać do gniazdka DATA na płycie czołowej radiostacji po jej wyłączeniu.

Dla obejrzenia zapisanych zdjęć należy nacisnąć klawisz *F(SETUP)*, gałką strojenia wybrać pozycję *FUNCTION* i potwierdzić przez naciśnięcie gałki. W następnym oknie należy wybrać gałką pozycję *LOG LIST* i potwierdzić naciskając gałkę. Kolejnym krokiem jest wybranie pozycji *PICT* i potwierdzenie wyboru w zwykły sposób.

Na ekranie zostaje wyświetlony spis plików. Wyboru zdjęcia dokonuje się znowu gałką strojenia i po jej naciśnięciu zdjęcie zostaje wyświetlone. Naciśnięcie gałki w trakcie wyświetlania powoduje usunięcie z ekranu dodatkowych informacji i pozwala na obejrzenie zdjęcia w całości. Obracanie gałki pozwala na oglądanie następnych zdjęć.

Po naciśnięciu klawisza *F(SETUP)* można gałką wybrać pole *SEND* w celu nadania zdjęcia (wymaga to potwierdzenia w dodatkowym okienku dialogowym). W celu skasowania zdjęcia zamiast pola *SEND* należy wybrać pole *DEL* i też potwierdzić jak wyżej.

Również FTM-200D umożliwia podłączenie mikrofonu MH-85A11U i transmisję obrazów sfotografowanych za jego pomocą. Kolorowy wyświetlacz o przekątnej 5,1 cm (2 cale) ma rozdzielczość 320 x 240 punktów.

### 3. Wokoder „Codec 2”

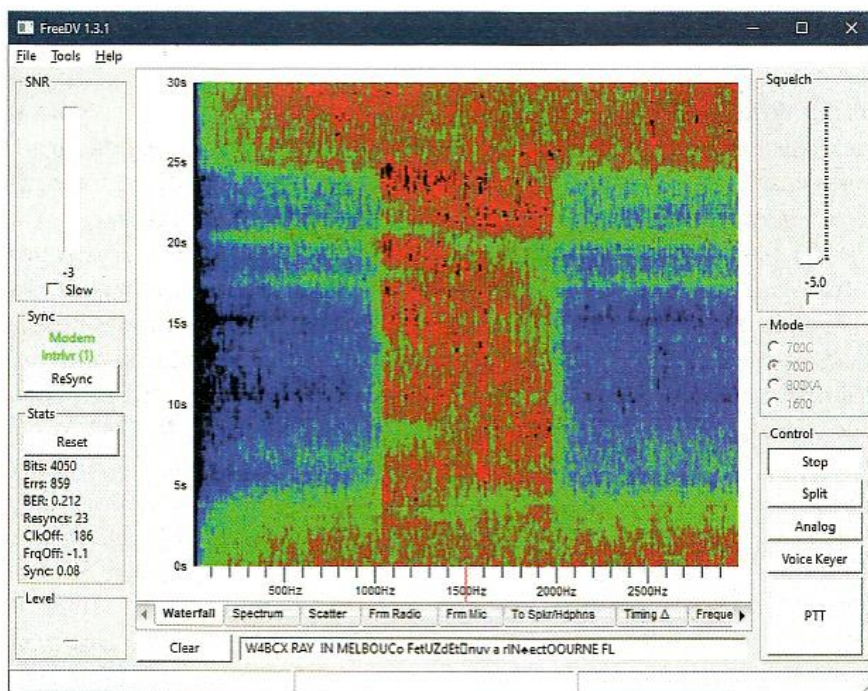
#### 3.1. Cyfrowa transmisja głosu na falach krótkich

System cyfrowej transmisji głosu na falach krótkich oparty o wokoder *Codec 2* i program *FreeDV* można zaliczyć zarówno do opracowań niszowych jak i innowacyjnych, przeznaczonych w pierwszym rzędzie dla eksperymentatorów.

Program *FreeDV* (w skrócie *FDV*) został opracowany w 2012 roku przez międzynarodowe grono autorów. Jest on oparty o programowy wokoder *Codec 2* opracowany Davida Rowe, VK5DCR z myślą o zastosowaniu na falach krótkich. Obecnie dostępna jest wersja 1.7.0 [3.1.2].

Wymagania stawiane użytkownikom chętnym do eksperymentowania nie są trudne do spełnienia. Program pracuje pod systemami operacyjnymi Windows, Linuksem i OSX. Oprócz komputera PC konieczna jest zwykła radiostacja SSB na fale krótkie. Komputer musi być wyposażony w jeden podsystem dźwiękowy do odbioru albo w dwa – do nadawania i odbioru. Alternatywnym rozwiązaniem jest zakup przystawki SM1000 [3.1.6]. Pozwala ona na pracę w systemie *FreeDV* w trybach 1600 i 700D za pomocą dowolnej radiostacji SSB i bez użycia komputera.

Sygnał mowy po skompresowaniu za pomocą wokodera jest transmitowany z przepływnościami 700 – 1600 bit/s. Zajmuje on pasmo nieco przekraczające 1 kHz, składa się z maksymalnie 17 podnośnych kluczowanych czterofazowo (QPSK) i jest doprowadzany do wejścia mikrofonowego radiostacji.



Rys. 3.1.1. Pierwsze próby z *FreeDV*. Na ekranie sygnał W4BCX z Florydy odebrany na częstotliwości 14236 kHz

##### 3.1.1. Początki

Posiadacze radiostacji wyposażonych we własny podsystem dźwiękowy (albo korzystający z systemu wbudowanego do komputera) i mikrofono-słuchawek USB z własnym podsystemem mogą rozpocząć pracę w eterze natychmiast po pobraniu programu *FreeDV*. Jak zwykle lepiej jest jednak rozpocząć pracę od nasłuchów zamiast od razu rzucić się na głęboką wodę QSO.

Przed rozpoczęciem własnej transmisji należy:

– wyłączyć wszystkie funkcje oddziałujące na nadawane i odbierane sygnały; są to przykładowo eliminator zakłóceń impulsowych, eliminatory lub ograniczniki szumów, filtry cyfrowe, kompresory (procesory) dźwięku, filtry wąskopasmowe, filtry zaporowe itd.

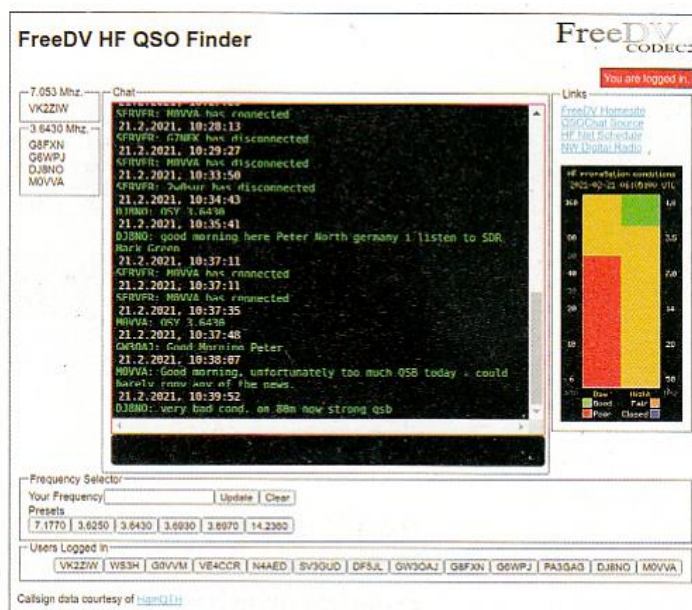
– ograniczyć moc wyjściową nadajnika do 20% mocy szczytowej PEP. Większe moce mogą spowodować nawet pogorszenie stosunku sygnału do szumu.

Po połączeniu komputera z radiostacją należy jeszcze wybrać tryb pracy i częstotliwość. Z podanych w tabeli trybów najczęściej używane są warianty 1600 (z roku 2012) i 700 D (z roku 2018). Dla każdego z trybów podano liczbę bitów użytkowych i szerokość pasma zajmowanego przez sygnał w.cz. Jak z niej wynika system wykorzystuje lepiej widmo w.cz. aniżeli transmisje SSB. W tabeli podana jest także odporność danego trybu na wpływ propagacji wielodrożnej i na zaniki selektywne stanowiące największe wyzwanie dla transmisji cyfrowego głosu na KF. Rubryka *Tekst* informuje o możliwości transmisji z niską przepływnością i z korekcją wyprzedzającą (FEC) uprzednio wprowadzonego komunikatu tekstowego. W tabeli podany jest także minimalny stosunek sygnału do szumu niezbędny dla prawidłowego dekodowania sygnału. Stosowana we wszystkich wariantach większa liczba kluczowanych podnośnych zapewnia odporność na wpływ zaników selektywnych. W trybach 1600 i 700C podnośne są nadawane równoległe, a w pozostałych jest stosowana ortogonalna modulacja z rozdziałem częstotliwościowym (OFDM) zapewniająca większą przepływność.

Przy średnich stosunkach sygnału do szumu najkorzystniejszy okazuje się, dzięki równoległej transmisji podnośnych, tryb 700C. Zapewnia on szybszą synchronizację przy mniejszym opóźnieniu.

W trybie 700D stosowane jest kluczowanie OFDM, korzystne szczególnie przy niskich stosunkach sygnału do szumu, silniejszych zakłóceniach (np. miejskich) i interferencyjnych. Jest to jedno z nowszych uzupełnień *FreeDV*. Zdaniem niektórych użytkowników tryb ten zapewnia przy odbiorze słabych sygnałów lepszą zrozumiałość niż SSB.

Najnowszymi trybami są 700E i 2020. Drugi z nich został opracowany dla zapewnienia transmisji sygnału akustycznego o paśmie 8 kHz w paśmie o szerokości 1600 Hz. Odbiór zaczyna sprawiać przyjemność przy stosunkach sygnału do szumu przekraczających 10 dB. Może znaleźć więc zastosowanie w krajowych kółeczkach w paśmie 80 m albo na częstotliwości klubowej w paśmie 10 m.



Rys. 3.1.2. Witryna „FreeDV QSO finder” pozwala na szybkie znalezienie korespondenta i uzyskanie orientacji w ogólnej aktywności

Sygnał *FreeDV* wymaga zgodności wstęp bocznych korespondentów. Obowiązuje więc standard przyjęty w łącznościach SSB – poniżej 10 MHz nadawana jest dolna wstęga boczna LSB, a powyżej górna USB. Wyjątkiem jest pasmo 60 m, w którym zawsze stosowana jest górna wstęga.

W planie podziału pasm dla regionu 1 przewidziane są następujące częstotliwości: 3630, 7070, 14130, 18150, 21180, 24960 i 28330 kHz. W praktyce najczęściej używane są częstotliwości 3625, 3643, 3693, 3697, 7117 i **14236** kHz. Japońskie stacje można spotkać na 3716 i 7200 kHz. Pomocne w poszukiwaniu korespondentów są witryny [3.1.3] i [3.1.4]. Otwarcie pierwszej wymaga podania jedynie własnego znaku wywoławczego.

*FreeDV* spotyka się obecnie z niewielkim zainteresowaniem, ale może stanowić interesujące poletko doświadczalne dla eksperymentatorów. Jak zawsze w systemach cyfrowych dekodowane są tylko najsilniejsze spośród odbieranych sygnałów, dlatego też *FreeDV* nie bardzo nadaje się do pracy w zawodach i w tłoku oblegającym atrakcyjne stacje DX-owe.

### 3.1.2. Podsumowanie

W trybach 700D i 2020 *FreeDV* może okazać się cenną alternatywą w transmisjach komunikatów i w lokalnych kółeczkach. Jest to rozwiązanie innowacyjne i dające dalsze perspektywy rozwoju. Już obecnie niektóre rozwiązania cyfrowe umożliwiają łączność w kanałach, w których zwykle łączności foniczne i CW nie byłyby możliwe. W niedalekiej przyszłości może do nich dołączyć wąskopasmowa transmisja głosu na falach krótkich. Już obecnie tryb 700D pozwala na zbliżenie się pod względem minimalnych stosunków sygnału do szumu do emisji SSB, a czasami nawet osiągnięcie lepszych rezultatów. Takie profesjonalne systemy jak „Wideband HF” (WBHF) pozwalają na transmisję z przepływościami 240 kbit/s w kanałach o szerokości 48 kHz, a więc na uzyskanie na falach krótkich wyników porównywalnych systemami SATCOM.

Krótkofalowcy nie powinni ignorować takich możliwości, ale korzystając w dalszym ciągu z rozwiązań sprawdzonych od dawna, powinni przyjmować nowości z dziedziny łączności cyfrowych, aby nie stracić kontaktu z nowoczesnością i akceptacji ze strony społeczeństwa.

Zasadę działania wokodera przedstawiono w poz. [3.1.5]. Ostatnio pojawiło się nawet rozwiązanie pozwalające na transmisję cyfrowego głosu w sieci APRS z wykorzystaniem *Codeca 2*.

Tabela 3.1.1

Tryby pracy w systemie *FreeDV*

Tryb	Data	Wokoder	Modem	Pasma w.cz.	Przepust. netto bit/s	FEC	Tekst bit/s	Sygn./szum min.	Odporność na wielodrożność
1600	2012	Codec2 1300	14 DQPSK + DBPSK pilot	1125	1600	Golay (23,12)	25	4	Zła
700C	2017	Codec2 700C	14 podn. koherentnych QPSK	1500	1400	–	–	2	Dobra
700D	2018	Codec2 700C	17 podn. koherentnych OFDM/QPSK	1000	1900	LDPC (224,112)	25	-2	Średnia
700E	2020	Codec2 700C	21 podn. koherentnych OFDM/QPSK	1500	3000	LDPC (112,56)	25	1	Dobra
2020	2019	LPCNet 1733	31 podn. koherentnych OFDM/QPSK	1600	3000	LDPC (504,396)	22,2	2	Zła

[3.1.1] „Digitale Sprachübertragung auf Kurzwelle: FreeDV”, Tom Kamp, DF5JL, CQDL 9/2021, str. 8

[3.1.2] <https://freedv.org>

[3.1.3] <http://qso.freedv.org>

[3.1.4] <https://pskreporter.info>

[3.1.5] „Cyfrowa obróbka sygnałów“, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, tom 36 z serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca”

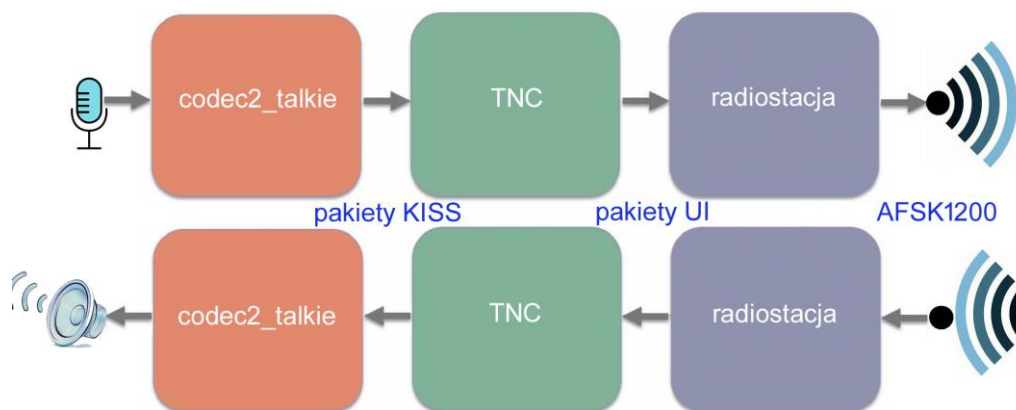
[3.1.6] „Wokoder SM1000 FreeDV”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 7/2016, str. 24



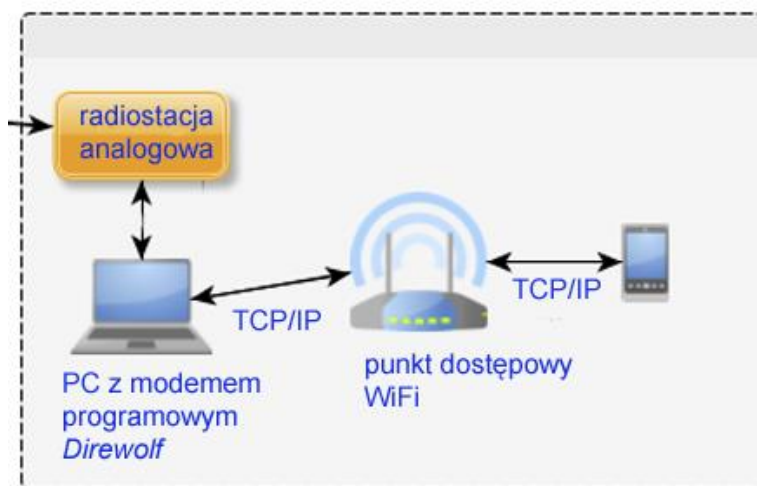
### 3.2. Cyfrowy głos przez APRS

Najbardziej znanymi systemami transmisji cyfrowego głosu w pasmach UKF są D-STAR, DMR i C4FM. Na falach krótkich stosowany jest natomiast eksperymentalnie wokoder *Codec 2* opracowany przez krótkofalowców i nie obciążony prawami patentowymi stron trzecich.

Eksperymentalne opracowanie niemieckiego krótkofalowca DM9KS wykorzystuje wokoder *Codec 2* w programie androidowym przekazującym dane głosowe do modemu TNC pracującego w trybie KISS [3.2.1]. W rozwiązaniu DM9KS jest to miniaturowa radiostacja APRS *PicoAPRS* wyposażona w TNC i nadająca dane w postaci pakietów APRS (nienumerowanych pakietów UI protokołu AX.25) na częstotliwości 144,800 MHz albo w łącznościach bezpośrednich na innych dowolnych częstotliwościach w pasmach 2 m lub 70 cm.



Rys. 3.2.1. Zasada transmisji cyfrowego głosu przez APRS. Strumień danych dźwiękowych po zakodowaniu za pomocą wokodera Codec2 jest przekazywany w postaci pakietów protokołu Kiss do modemu TNC. Utworzone tam pakiety nienumerowane AX.25 modulują radiostację i są transmitowane emisją AFSK1200 lub inną. Przy odbiorze cały proces przebiega w odwrotnym kierunku



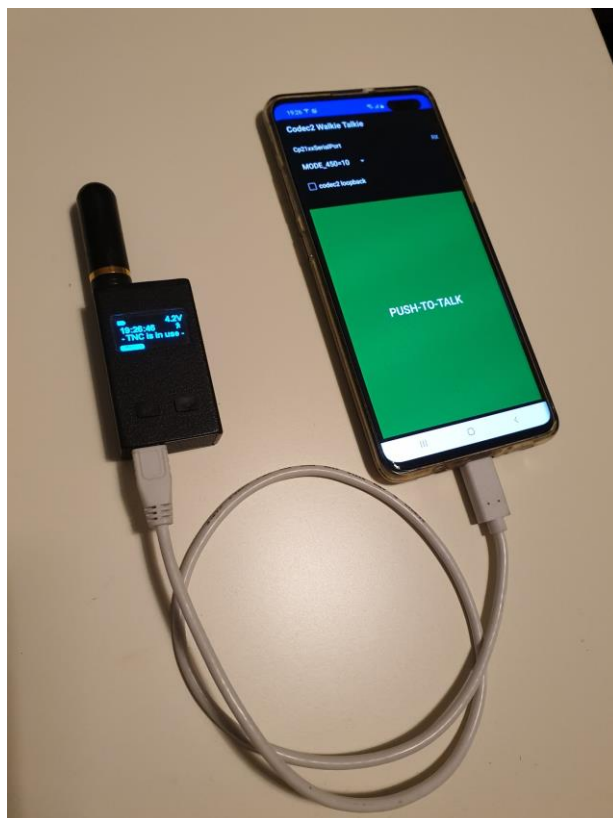
Rys. 3.2.2. Wykorzystanie programowego TNC – *Direwolf*

Prosty program androidowy *Codec 2 Talkie* łączy się przez złącze USB lub Bluetooth komputera albo telefonu z TNC pracującym w trybie KISS i przekazuje do niego ramki zawierające dane głosowe [3.2.4]. Oprócz TNC wbudowanego do *PicoAPRS* można także korzystać z innych rozwiązań TNC połączonych z analogowymi radiostacjami FM. Szczególnie interesującym modelem jest *Mobilinkd TNC* [3.2.7] wyposażony w bezprzewodowe złącze BT. Oprócz eksperymentalnych transmisji cyfrowego głosu może on służyć także w transmisji APRS we współpracy z *APRSdroidem*. Starsze typy modemów TNC-2 posiadające jedynie złącze szeregowy wymagałyby uzupełnienia o układ przejściowy z BT na

RS-232 oparty o mikrokomputer ESP32. Warto eksperymentu jest też modem APRS na „Arduino” opisany w poz. [3.2.8]. Sposób wykorzystania modemu programowego *Direwolf* ilustruje rys. 3.2.2. Ramki APRS z danymi głosowymi mogą być nadawane przy użyciu emisji AFSK1200 (Bell 202), GMSK9600 (G3RUH), LoRa, FSK, FreeDV i innych.

Projekt DM9KS znajduje się obecnie w stadium początkowych eksperymentów i oferuje interesujące perspektywy dalszego rozwoju.

Wokoder *Codec 2* dostarcza strumienia danych o przepływności 700 – 3200 bit/s, co pozwala na stosowanie go w wąskopasmowych transmisjach na falach krótkich i ultrakrótkich. Nawet przy minimalnej przepustowości 700 bit/s zapewnia on jakość dźwięku lepszą niż MELP i porównywalną z jakością dźwięku wokodera TWELP przy przepływności 600 bit/s. W eksperymentach krótkofalarskich z transmisją w systemie LoRa był on używany z modemami radiowymi T-Beam, TTGO, Heltec i podobnymi.



Fot. 3.2.3. Stacja nadawczo-odbiorcza złożona z komputera lub telefonu androidowego i miniaturowej radiostacji PicoAPRS wyposażonej we własny modem TNC



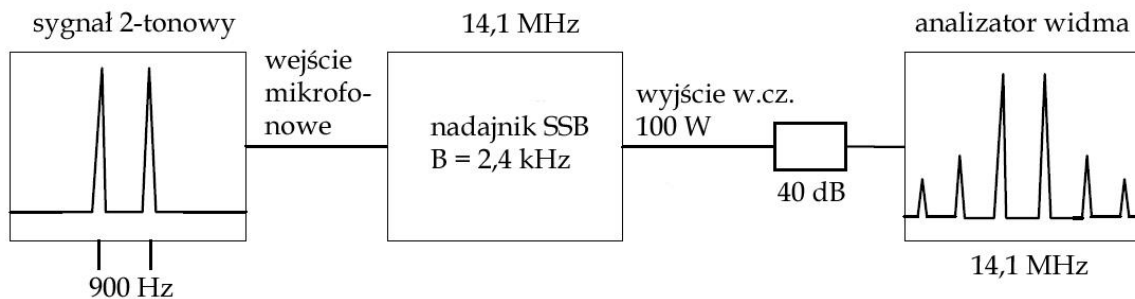
Fot. 3.2.4. Modem *Mobilink TNC* posiada złącze Bluetooth

- [3.2.1] <https://www.hamspirit.de/12245/digital-voice-via-ax-25-mit-dem-picoaprs-diese-android-app-macht-es-moeglich/> – witryna projektu DM9KS
- [3.2.2] „APRS w wydaniu miniaturowym. PicoAPRS”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 12/2017, str. 30
- [3.2.3] „PicoAPRS w wersji 3”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 10/2020, str. 20
- [3.2.4] [https://github.com/sh123/codec2\\_talkie/](https://github.com/sh123/codec2_talkie/) – androidowy program nadawczo-odbiorczy
- [3.2.5] [https://github.com/sh123/codec2\\_talkie/wiki](https://github.com/sh123/codec2_talkie/wiki)
- [3.2.6] [www.picoaprs.de](http://www.picoaprs.de)
- [3.2.7] [www.mobilinkd.com](http://www.mobilinkd.com)
- [3.2.8] „Modem APRS na Arduino”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 2/2021, str. 49

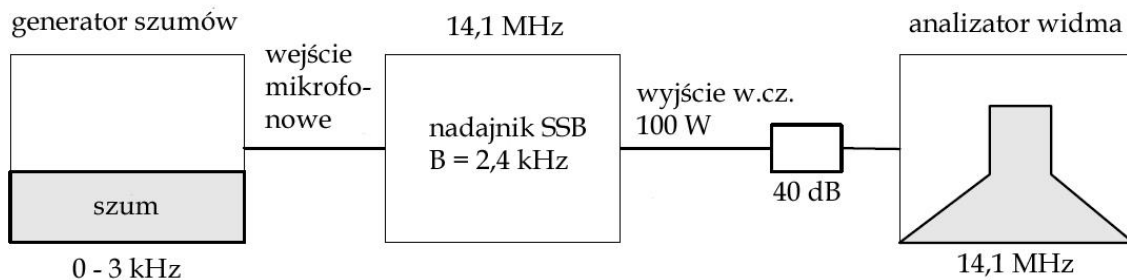
#### 4. Szumowe pomiary nadajników

Pomiary liniowości nadajników SSB są zwykle przeprowadzane przy użyciu dwutonowego sygnału modulującego. Dokładniejsze i pełniejsze wyniki dają jednak pomiary z użyciem modulacji sygnałem szumów. Przedstawiona metoda pomiarowa jest spokrewniona z metodą NPR stosowaną do badania odbiorników i w większym stopniu obnaża słabości badanego urządzenia. Odstępy składowych intermodulacyjnych IP3 w nadajnikach wyższej klasy przekraczają 40 dBc.

Sygnaly mowy mają bardziej złożone widmo i strukturę, aniżeli sygnały dwutonowe stosowane w pomiarach liniowości. Liczba powstających składowych intermodulacyjnych dla mowy jest więc znacznie większa niż przy modulacji sygnałem dwutonowym. Z kolei modulacja sygnałem wielotonowym wymagałaby znacznego skomplikowania układu pomiarowego. Rozwiązaniem prostszym i dającym dokładniejsze wyniki jest modulacja nadajnika sygnałem szumowym o widmie ciągłym (szumem białym) czyli zawierającym nieskończenie wiele składowych w paśmie przenoszenia toru modulacyjnego – 0,3 – 3,4 kHz.



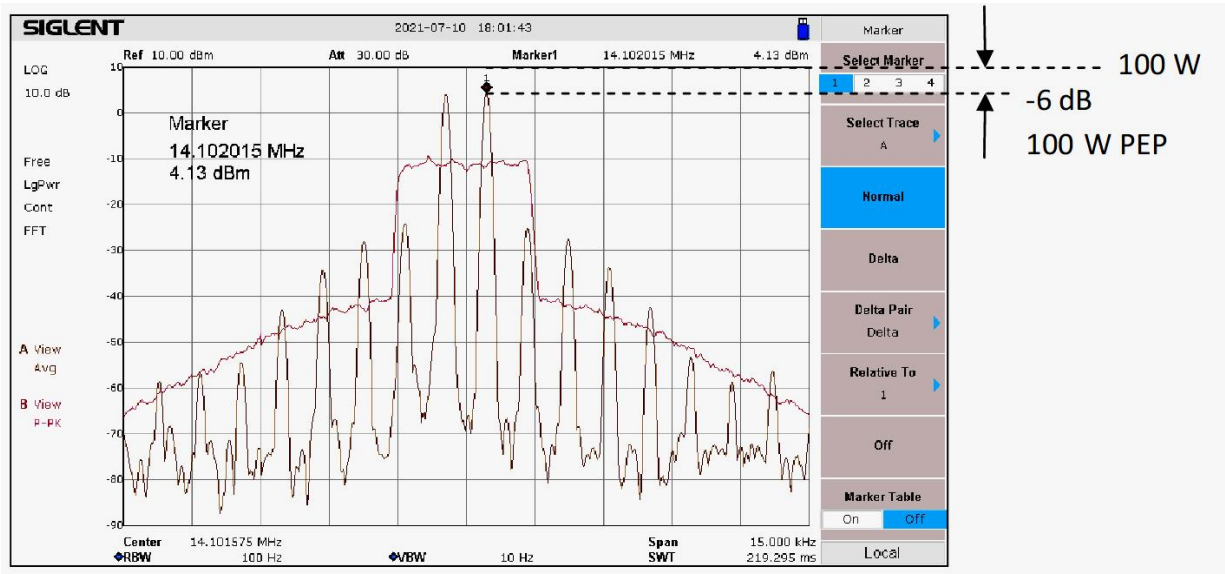
Rys. 4.1. Klasyczny układ pomiarowy z użyciem sygnału dwutonowego



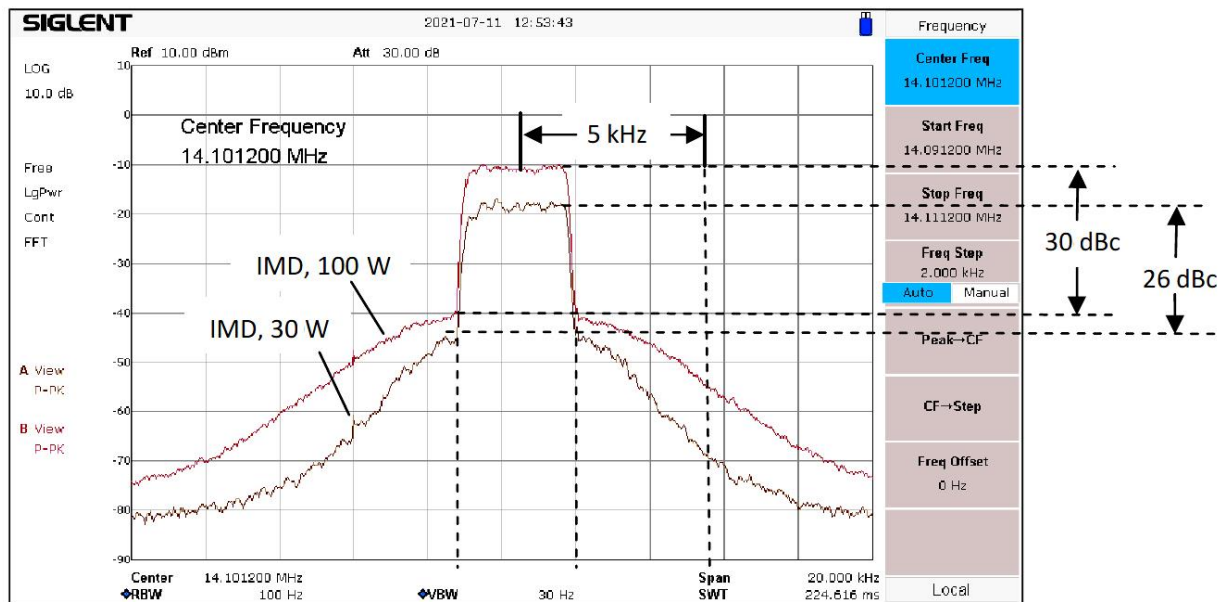
Rys. 4.2. Układ pomiarowy z wykorzystaniem generatora szumu białego

Widmo sygnału wyjściowego jest w tym przypadku również widmem ciągłym, a nie dyskretnym jak dla modulacji dwutonowej. Prostokąt na jego środku odpowiada pasmu przenoszenia filtru SSB (rys. 4.2). Teoretycznie jego zbocza powinnyby opadać dalej aż do poziomu szumów własnych. W rzeczywistości widoczne są tam wstęgi składowych intermodulacyjnych powoli opadające w miarę oddalania się od zbocza pasma przenoszenia. Zaobserwowano, że odstęp składowych intermodulacyjnych pogarsza się przy obniżaniu mocy wyjściowej nadajników – w przykładzie z rysunku 4.4 jest to spadek z 30 dBc do 26 dBc.

Obserwacja widma powstającego przy modulacji szumem białym pozwala na całościową ocenę sytuacji i zarazem szans na niezakłóconą pracę w sąsiednich kanałach (przykładowo w odległościach 5 lub 10 kHz) albo w dowolnie szerokim zakresie.

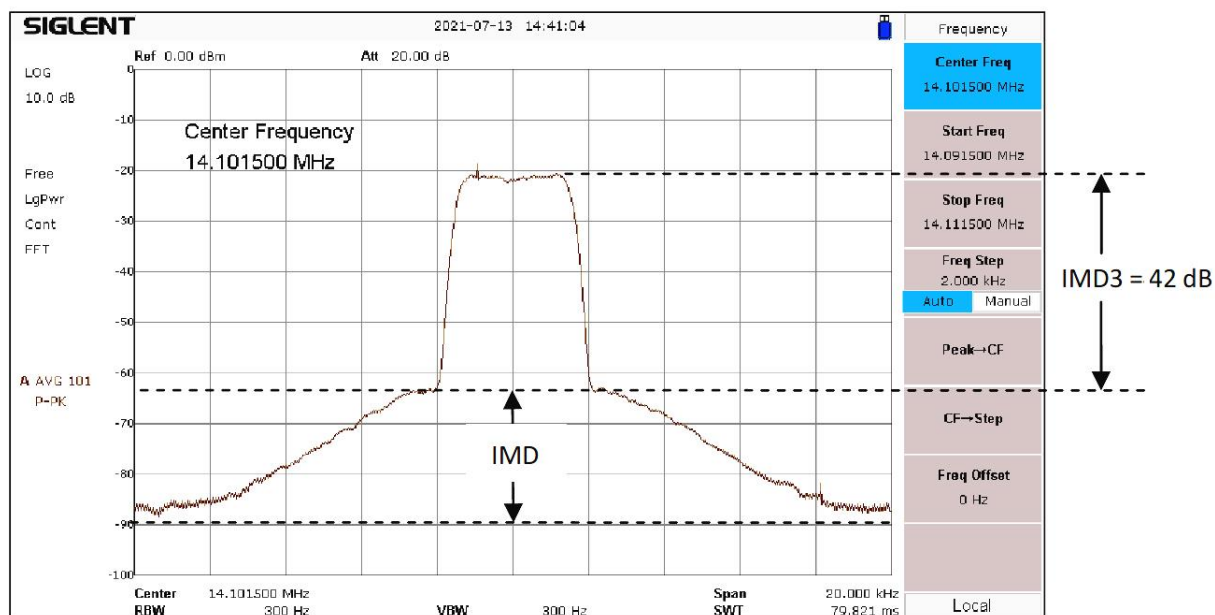


Rys. 4.3. Porównanie widm sygnałów wyjściowych dla obu metod pomiarowych



Rys. 4.4. Porównanie widm przy mocach wyjściowych 100 (IMD3 – 30 dBc) i 30 W (IMD3 – 26 dBc)

Do przyjęcia są odstępstwa widm intermodulacyjnych od poziomu mocy szczytowej nadajnika powyżej 30 dB. W sprzęcie wyższej klasy przekraczają one 40 dBc, a same widma opadają stosunkowo szybko (rys. 4.5).



Rys. 4.5. Pomiar dla nadajnika wyższej klasy (IMD3 – 42 dBc)

- [4.1] „Transmitter IMD Test mit Rauschen”, Werner Schnorrenberg, DC4KU, Sender\_IMD-Test\_mit\_Rauschen\_DC4KU.pdf, 13 VIII 2021
- [4.2] www.dc4ku.darc.de – witryna DC4KU
- [4.3] „Biblioteka polskiego krótkofalowca”, tom 43 „Miernictwo 2” – pomiar szumowy NPR

## 5. Dialogi w JS8Call

Cyfrowa emisja JS8Call jest oparta na emisji FT8, ale wykorzystuje ją trochę inaczej. Jednocześnie dzięki popularności tej ostatniej ma ona większe szanse na wzbudzenie zainteresowania aniżeli wiele innych nowych rozwiązań.

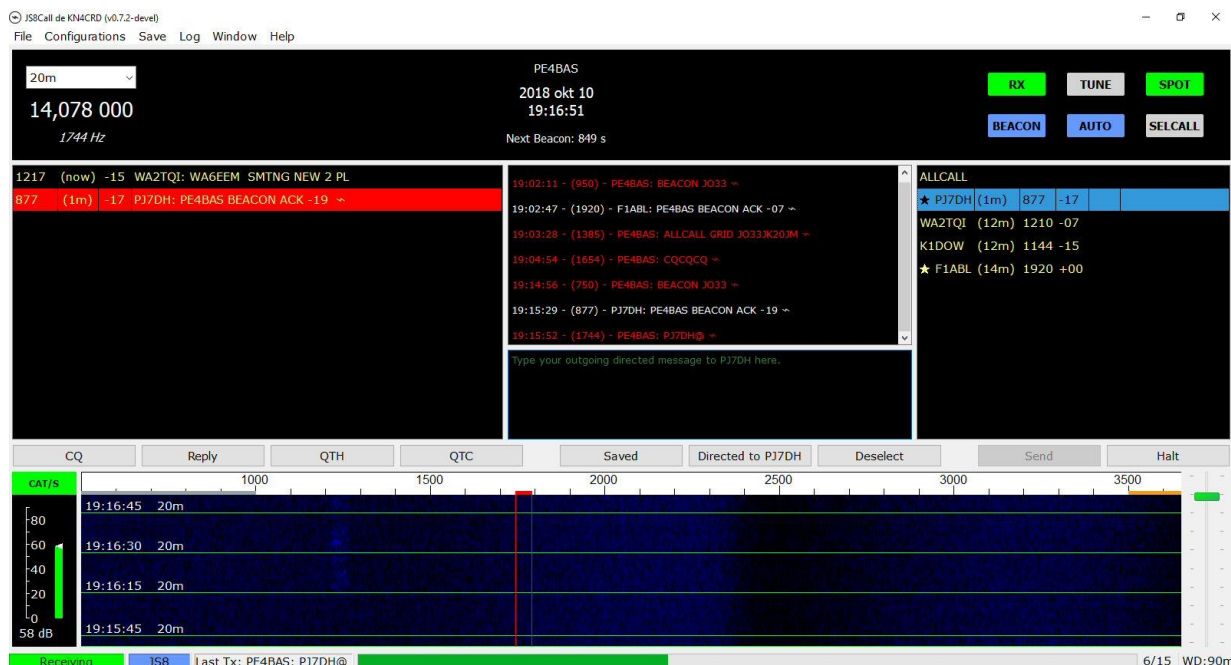
W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że JS8Call jest ofertą skierowaną do użytkowników wysoko ceniących sobie zalety FT8, ale podchodzących krytycznie do zautomatyzowanego i pozbawionego indywidualnych cech trybu pracy. Dzięki systemowi JS8Call operatorzy mogą w dalszym ciągu korzystać z niezaprzeczalnych zalet FT8 prowadząc jednocześnie prawdziwą, choć powolną konwersację.

Na konwersację składają się dowolne teksty przesyłane we fragmentach zawierających po 23 znaki alfanumeryczne (łącznie ze znakami odstępów). Transmisja każdego z fragmentów (pakietów) trwa jak w FT8 piętnaście sekund, przy czym czysty czas nadawania wynosi 12,6 sekundy.

Przykładowo tekst „KORZYSTAM Z 40 M DIPOLA ZAWIESZONEGO NA WYSOKOSCI 15 M” zostanie podzielony na części „KORZYSTAM Z 40 M DIPOLA ”, „ZAWIESZONEGO NA WYSOKO” i „SCI 15 M”. Koniec transmisji jest sygnalizowany za pomocą symbolu przypominającego poziomą błyskawicę. W JS8Call stosowane jest w dalszym ciągu 8-stanowe kluczowanie częstotliwości 8-FSK, ale dzięki zastosowaniu nowego algorytmu kompresji uzyskano wzrost przepustowości o około 50%. We wcześniejszych wersjach programu przepustowość wynosiła 10 słów/min., w obecnych dochodzi nawet do 20. Jako wartość typowa podawane jest 15 słów/min. Zbiór dostępnych znaków (alfabet) został rozszerzony w stosunku do FT8 o niektóre znaki specjalne, ale w dalszym ciągu możliwe jest korzystanie tylko z dużych liter.

Oczywiście transmisja tak podzielonych na części komunikatów zajmuje trochę więcej czasu – czas trwania QSO przekracza często 10 minut, ale program korzysta z zadzwyczajnej czułości, odporności na szumy i wąskopasmowości FT8, a na koniec składa w całość odebrane części. Raporty, lokator itp. nie są wstawiane automatycznie i muszą być wpisane przez operatora (może on jednak korzystać z gotowych uprzednio zredagowanych tekstów). Nie są one też automatycznie przejmowane do dziennika stacji.

JS8Call jest wyposażony w funkcje ułatwiające pracę w sieciach i inną komunikację w grupach.



Rys. 5.1. Okno główne programu

Nadanie polecenia ALLCALL? powoduje przykładowo nadanie raportów odbioru przez każdą ze stacji, które je odebrały i mają włączony tryb pracy automatycznej, a HW COPY? jest odpowiedzią na wywołanie CQ. Dalszymi przydatnymi funkcjami są radiolatarnia nadająca w zadanych odstępach czasu (domyślnie co 15 minut) tekst na wybranej przez program częstotliwości w zakresie pomiędzy 500

i 1000 Hz w stosunku do wytłumionej nośnej SSB i retransmisja wiadomości do dalszych stacji (funkcja przekaźnikowa).

Program, wcześniej noszący nazwę FT8Call, znajduje się jeszcze w początkowej fazie rozwoju i dlatego dosyć często pojawiają się jego nowsze wersje. Wersje dla systemów Windows, Linuksa, Raspbiana i Mac OSX są dostępne w Internecie pod adresem [5.4].

Operatorom mającym nawet minimalne doświadczenie w korzystaniu z emisji FT8 w WSJT-X praca na JS8Call nie przysporzy większych trudności. Menu konfiguracyjne są identyczne, ale część funkcji służących do pracy w eterze różni się o tyle, że zalecane jest zapoznanie się z instrukcją obsługi programu. Przykładowo ważne jest zrozumienie różnicy między komunikatami standardowymi („Standard message”) i specjalnymi („Directed message”). Pierwsze z nich mogą zawierać dowolne teksty, ale są dekodowane jedynie przez stacje oddalone od nadawcy na skali częstotliwości o co najwyżej 10 Hz. Drugie zawierają dodany automatycznie znak wywoławczy nadawcy i mogą być dekodowane przez wszystkich, co znacząco ułatwia pracę w sieciach. Program może też przysyłać automatycznie meldunki odbioru do serwerów *pskreporter.info* i *aprs.fi* jeśli zostanie to włączone w konfiguracji.

Najczęściej używaną częstotliwością pracy jest 14078 MHz, ale stacje korzystające z emisji JS8Call spotyka się również na częstotliwościach 3,578, 7,078 i 10,130 MHz. Zalecane częstotliwości pracy dla pasm 160 – 6 m są wyświetlane przez program. Przeważnie, choć nie w każdym paśmie, leżą one o 4 kHz powyżej podzakresów FT8. Jak we wszystkich emisjach cyfrowych na falach krótkich stosowana jest górna wstęga boczna SSB.

Aktywność stacji pracujących w systemie JS8Call można śledzić w witrynach *Pskreporter* [5.5] i *Flipboard* [5.6]. Pomimo, że jest to rozwiązanie stosunkowo nowe, program zdołał już zyskać sobie pewne, ale jeszcze dosyć ograniczone liczebnie, grono gorących zwolenników. Niestety część stacji ogranicza się do pracy w trybie automatycznych odpowiedzi i transmisji radiolatarni nie odpowiadając na próby nawiązania QSO, a więc nie całkiem zgodnie z intencjami autora programu.

JS8Call nie jest kompatybilny z FT8 i nie może być dekodowany przez WSJT-X i odwrotnie sam nie dekoduje transmisji FT8. Jego autorem jest amerykański krótkofalowiec Jordan Sherer KN4CND.



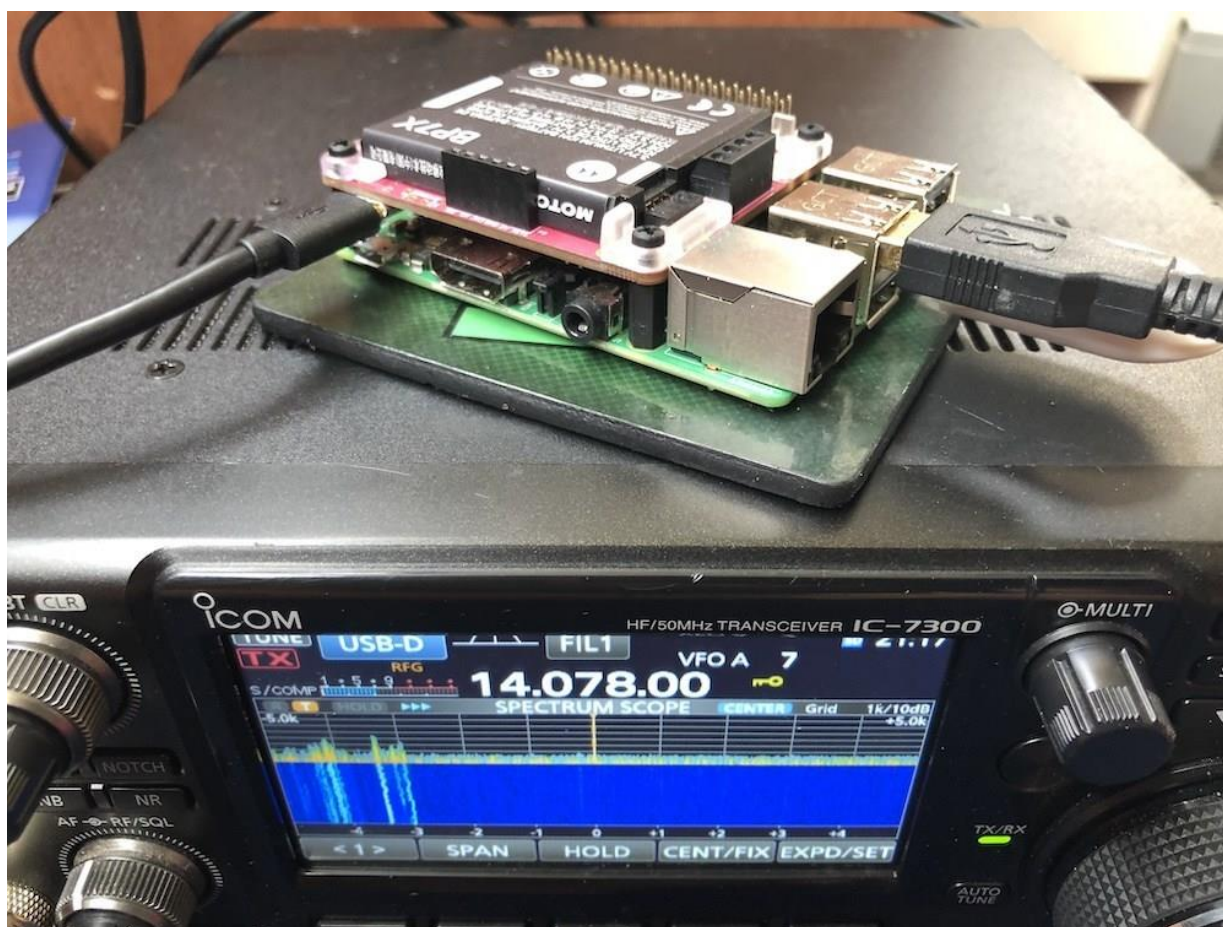
Rys. 5.2. Do pracy emisją JS8Call wystarczy nawet proste wyposażenie plenerowe

W chwili obecnej w witrynie [5.4] dostępne są bezpłatnie wersje dla Linuksa (Debian 32- i 64 bitowy, Fedora), Raspbiana, MacOSX 10 i Windows 10. W rzeczywistości program JS8Call pracuje również i pod starszymi wersjami systemu do Windows XP włącznie. Pod adresem [5.5] udostępniony jest również kod źródłowy programu. Instalacja pod Windows wymaga uruchomienia pobranego pliku instalacyjnego EXE i również pod pozostałymi systemami przebiega w sposób typowy dla nich. W przypadku pierwszej instalacji konieczne jest podanie w konfiguracji używanego podsystemu dźwiękowego i złącza szeregowego COM stosowanego do kluczowania nadajnika identycznie jak w większości znanych programów dla emisji cyfrowych. Do wyboru jest też sterowanie radiostacją poprzez



złącze CAT. JS8Call może też kontaktować się automatycznie z programami prowadzącymi dziennik stacji i przekazywać im niezbędne dane w formacie ADIF, ale dotyczy to jedynie programów korzystających z protokołu UDP, przykładowo HRDLog albo N1MM Logger.

W przypadku korzystania z radiostacji wyposażonych we własne podsystemy dźwiękowe j.np IC-7300, IC-705, IC-9700 konieczne jest zainstalowanie odpowiedniego sterownika (dostępnego u producenta) przed pierwszym podłączeniem radiostacji do złącza USB komputera. Uwaga ta dotyczy wszystkich rodzajów emisji cyfrowych korzystających z modemu dźwiękowego. Numery dodanych w ten sposób złączy COM można znaleźć w „Menadżerze urządzeń”. Należy też zwrócić uwagę na to, aby w konfiguracji programu wybrać podsystem dźwiękowy wbudowany do radiostacji. W zależności od modelu radiostacji konieczne mogą być zmiany w konfiguracji radiostacji – punkty menu wymienione są w instrukcji obsługi sprzętu.



Rys. 5.3. Wyposażenie domowe z *Maliną*

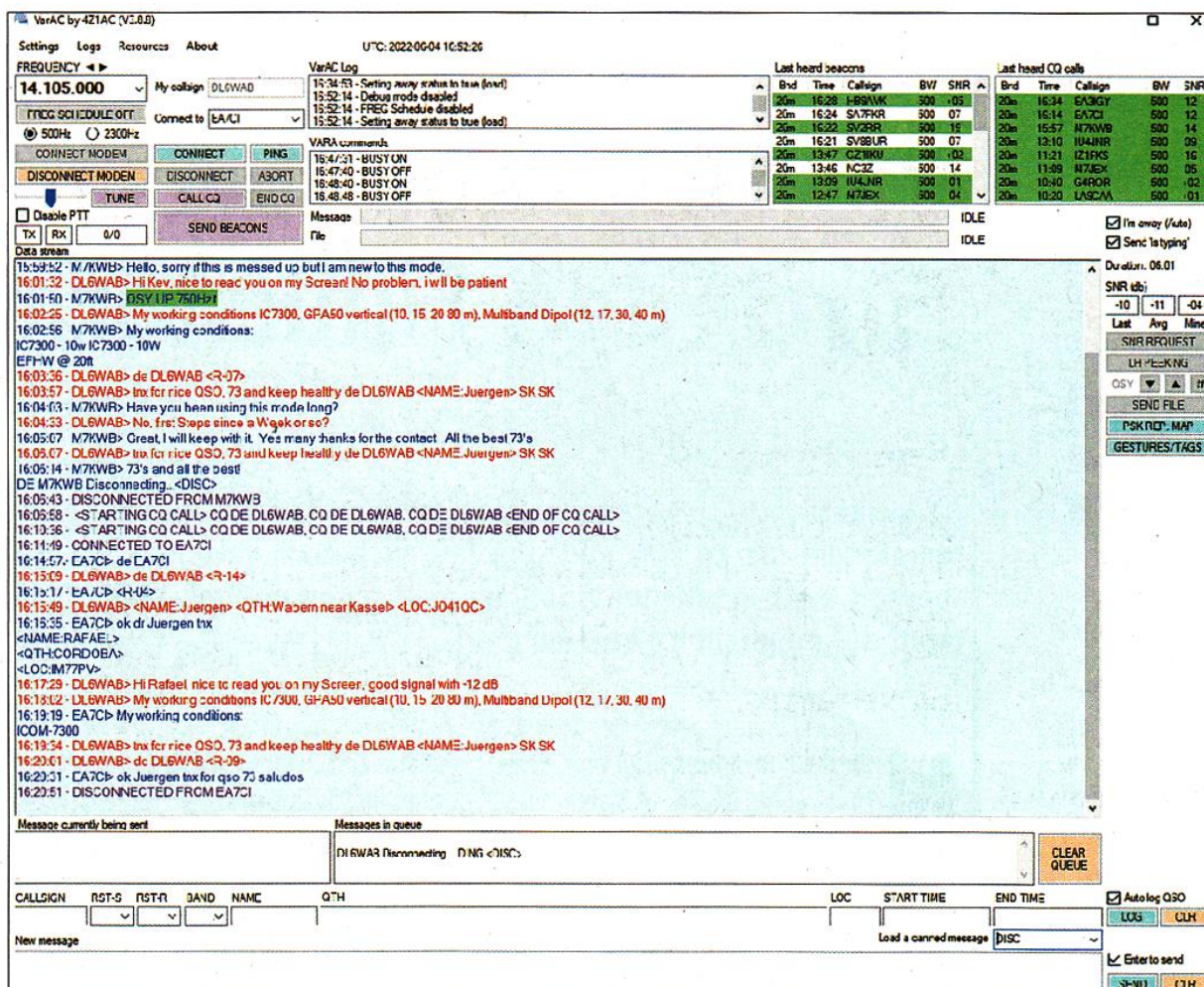
- [5.1] „JS8Call builds upon the popularity of FT8”, Steve Ford, WB8IMY, QST styczeń 2019, str. 47
- [5.2] „JS8Call – Rückbesinnung auf persönliche QSOs”, Willi Paßmann, DJ6Z, Funkamateurl 1/2019, str. 90
- [5.3] <https://groups.io/js8call>
- [5.4] [js8call.com](https://js8call.com)
- [5.5] <https://bitbucket.org/widefido/js8call>
- [5.6] [www.pskreporter.info](http://www.pskreporter.info)
- [5.7] <https://flipboard.com>

## 6. Dialogi w VarAC

VarAC jest zasadniczo graficzną powierzchnią obsługi dla programowego modemu VARA. Ułatwia prowadzenie pisemnych łączności i może stać się poważną konkurencją dla emisji FT4 i FT8.

Programowe modemy VARA HF i VARA FM autorstwa EA5HVK [6.7] są szeroko stosowane w systemie transmisji poczty elektronicznej Winlinku [6.6]. Graficzna powierzchnia obsługi dla modemu VARA HF tego samego autora nosi nazwę VarAC będącą skrótem określenia „Vara Chat”. Napisany w języku C# program dla Windows umożliwia prowadzenie pisemnych łączności na falach krótkich emisją SSB z przepływnościami przekraczającymi w dobrych warunkach wartości osiągnięte przez PACTOR III, i to bez konieczności zakupu drogiego modemu. Pełny zakres szybkości transmisji – do 8490 bit/s – jest dostępny w wersji odpłatnej, ale wersja darmowa zapewnia poza ograniczeniem do 180 bit/s pełną funkcjonalność. Szybkość transmisji dla Vary FM dochodzi nawet do 25 kbit/s. Do połączenia radiostacji z komputerem służą te same układy pośredniczące co dla PSK31 i innych łączności cyfrowych.

VarAC pozwala nie tylko na prowadzenie łączności, ale także na zdalne sterowanie radiostacją przez złącze CAT za pośrednictwem programu *OmniRig 1.20*. W przyszłych wersjach zdalne sterowanie sprzętem ma zostać tak udoskonalone, aby niepotrzebna była instalacja *OmniRigu*. Kluczowanie nadajnika odbywa się obecnie za pośrednictwem złącza CAT albo automatycznie przez VOX.



Rys. 6.1. Okno komunikacyjne VarAC

Sposób obsługi jest podobny do wielu innych programów terminalowych dla emisji cyfrowych. Użytkownicy mogą też korzystać z uprzednio przygotowanych typowych tekstów (gwarowo zwanych „makrami”; w angielskiej instrukcji programu noszą one nazwę „Canned Messages”). Mogą one zawierać metasymbole (zmiennie) zastępujące znaki, QTH, imiona, lokatory itd. Długość transmitowanych

tekstów i ich treść nie są ograniczone jak w FT8. Miłym gestem jest wymiana indywidualnych informacji i nie ograniczanie się jedynie do gotowców. Możliwa jest również transmisja krótkich plików. Zalecane jest aby ich długości nie przekraczały 1-2 kB przy niższych szybkościach transmisji i 5-6 kB przy wyższych. Program prowadzi automatycznie dziennik pracy w formacie ADIF, współpracuje ze Swisslogiem i kilkoma innymi programami tego typu j.np. Log4OM, DX-Keeper, N1MM. Kontaktuje się z nimi w kanałach logicznych TCP lub UDP. VarAC dysponuje też funkcją radiolatarni. Minimalny odstęp czasu między transmisjami radiolatarni wynosi 15 minut. Dalszymi przydatnymi funkcjami są automatyczne odpowiedzi i prowadzenie spisu odbieranych stacji („last heard”). Automatyczne raporty informują o sile odbieranego sygnału. Są one obliczane identycznie jak w FT8. Krótkie automatyczne QSO (ping) inicjowane przez naciśnięcie klawisza F8 składa się jedynie z wymiany raportów. Elektroniczna skrzynka pocztowa pozwala, tak samo jak w Packet Radio, na deponowanie wiadomości w czasie nieobecności operatora. Program pozwala również na automatyczne zgłaszanie prowadzonych łączności do witryny *Pskreporter* [6.11].

Przebieg łączności jest zbliżony do znanego z systemów PACTOR, Packet Radio itd. W celu skorygowania przekłamań na trasie transmisji program korzysta z protokołu (mechanizmu korekcyjnego) ARQ. Po nawiązaniu połączenia między stacjami obie strony wymieniają pakiety danych. Pakiety te są kwitowane przez korespondenta. Potwierdzenie bezbłędneho odbioru ACK powoduje nadawanie dalszych danych, a informacja o wystąpieniu przekłamań NACK – powtórzenie pakietu danych. Wszystko to następuje automatycznie, a operator może się koncentrować tylko na pisaniu dalszego tekstu. W niekorzystnych warunkach program automatycznie obniża szybkość transmisji. W praktyce dobre wyniki uzyskuje się już przy mocach QRP rzędu 5 W.

W pasmach amatorskich stosowane są standardowe częstotliwości wywoławcze 3595, 7105, 10133, 14105, 18106, 21105, 24927, 28105 i 50330 kHz, a w paśmie CB – 27195 kHz. Największym powodzeniem w dzień cieszy się częstotliwość 14105 kHz, a w nocy 7105 i 3595 kHz (program może automatycznie przełączać częstotliwości pracy o wyznaczonych porach). Nie ma jednak powodów do ograniczania się wyłącznie do pasm krótkofalowych. Zalecane jest, aby po nawiązaniu połączenia z korespondentem zmienić częstotliwość pracy i zwolnić kanał wywoławczy. Program sam przypomina o tym po dziesięciu minutach od początku QSO. Po wpisaniu do bufora nadawczego tekstów QSYU lub QSYD korespondent otrzymuje prośbę o zmianę częstotliwości odpowiednio w górę lub w dół np. o 750 Hz albo o zbliżony odstęp. Po zaakceptowaniu prośby przez korespondenta następuje przestrojenie obu stacji.

Osiągana czułość jest zbliżona do poziomu FT4/8. Stopa błędów jest przeważnie niższa niż w JS8Call przy porównywalnych stosunkach sygnału do szumu. W Internecie dostępne są instrukcje obsługi w kilku językach i pliki rozkazowe CAT dla różnych modeli radiostacji. VarAC może znaleźć też zastosowanie w łącznościach kryzysowych i ratunkowych.

Instalacja VarAC wymaga oczywiście uprzedniego zainstalowania modemu VARA w wersji pasującej do planowanych zastosowań. Wywołanie VarAC powoduje automatyczne uruchomienie modemu. Komunikacja obu programów odbywa się w kanałach logicznych TCP 8300 i 8301. W konfiguracji modemu należy też wybrać używany podsystem dźwiękowy.

[6.1] „VarAC – Konkurrenz für FT4/8?“, Jürgen Wiegand, DL6WAB, CQDL 8/2022, str. 52

[6.2] „VarAC – mehr als nur Chat“, Kim Hübel, DG9VH, CQDL 9/2022 str. 55

[6.3] „Digital Conversations on HF with VarAC“, Steve Ford, WB8IMY, QST 7/2022, str. 40

[6.4] „VarAC: Chatten auf der Kurzwelle – das neue RTTY?“, Michael Wöste, DL1DMW, „Amateurfunk 2023“, str 40

[6.5] „Modem VARA“, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 2/2021, str. 22

[6.6] „Poczta elektroniczna na falach krótkich“, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Biblioteka polskiego krótkofalowca, tom 64, Wiedeń 2022

[6.7] <https://rosmodem.wordpress.com> – pobranie modemu VARA

[6.8] <https://www.varac-hamradio.com> – pobranie programu VarAC

[6.9] <https://www.facebook.com/groups/varahf/> – grupa użytkowników

[6.10] [dxatlas.com/omnirig](https://dxatlas.com/omnirig) – program i dokumentacja

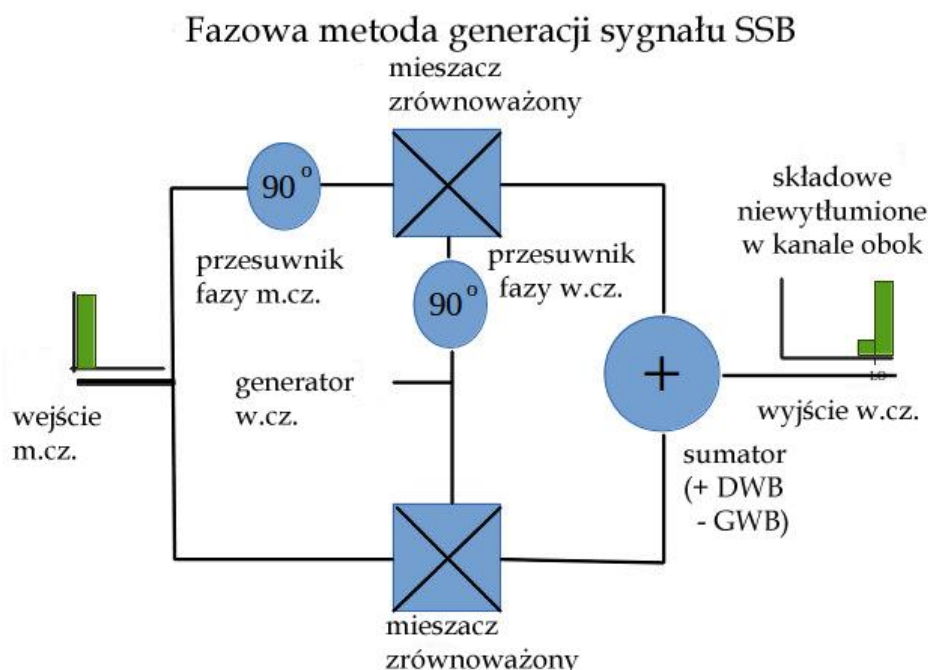
[6.11] [www.pskreporter.info](http://www.pskreporter.info)

## 7. Fazowa metoda generacji sygnału SSB

Obecnie w klasycznych rozwiązaniach układowych najbardziej rozpowszechniona jest filtrowa metoda generacji sygnałów jednowstęgowych. Jest ona też stosunkowo najłatwiejsza do zrozumienia – ujmując sprawę skrótowo filtr przepuszcza pożądaną część sygnału eliminując resztę. Pozostałe dwie metody wymagają bardziej szczegółowego potraktowania, ale zasady ich działania też nie są aż tak bardzo skomplikowane jak by się mogło wydawać na pierwszy rzut oka. Zasady pracy trzeciej metody zostały dokładnie przedstawione w poz. [7.1 – 7.3].

Sygnał jednowstęgowy (SSB) zajmuje tylko połowę szerokości pasma sygnału zmodulowanego amplitudowo, a cała moc nadajnika jest skupiona w jednej, niosącej pełną informację wstędze. Zysk energetyczny w stosunku do modulacji AM dochodzi więc do 12 dB (przy porównaniu dla identycznych mocy szczytowych nadajników, dla identycznych mocy średnich za okres modulacji zysk ten wynosi 7,8 dB [7.4]). Uwzględniając zawężenie pasma przenoszenia o połowę, co odpowiada ograniczeniu o połowę mocy szumów (białych) w przenoszonym kanale, zysk ten wzrasta dodatkowo o 3 dB i wynosi odpowiednio 15 dB lub 10,8 dB. Te niezaprzeczalne zalety spowodowały, że modulacja jednowstęgowa od kilkudziesięciu lat wyparła modulację AM z radiokomunikacji profesjonalnej i amatorskiej. Początkowo, w czasach kiedy filtry kwarcowe były drogie lub trudno dostępne w konstrukcjach krótkofalarskich dominowała metoda fazowa, ale stopniowo została odsunięta w cień przez zapewniającą w prosty sposób sygnał dobrej jakości metodę filtrową. Metoda fazowa daje się jednak stosunkowo łatwo zrealizować w technice cyfrowej obróbki sygnałów, dzięki czemu odzyskała już znaczącą pozycję.

Metoda fazowa generacji sygnału SSB, zwana także metodą Hartleya należy do metod kompensacyjnych. Dzięki przesunięciom faz fali nośnej i składowych modulacyjnych następuje wytłumienie jednej ze wstęg bocznych i pozostawienie drugiej z nich. Fala nośna jest tłumiona w mieszaczach kołowych (zrównoważonych) i też nie dociera do anteny. Mieszacze zrównoważone stosuje się we wszystkich trzech metodach modulacji SSB.

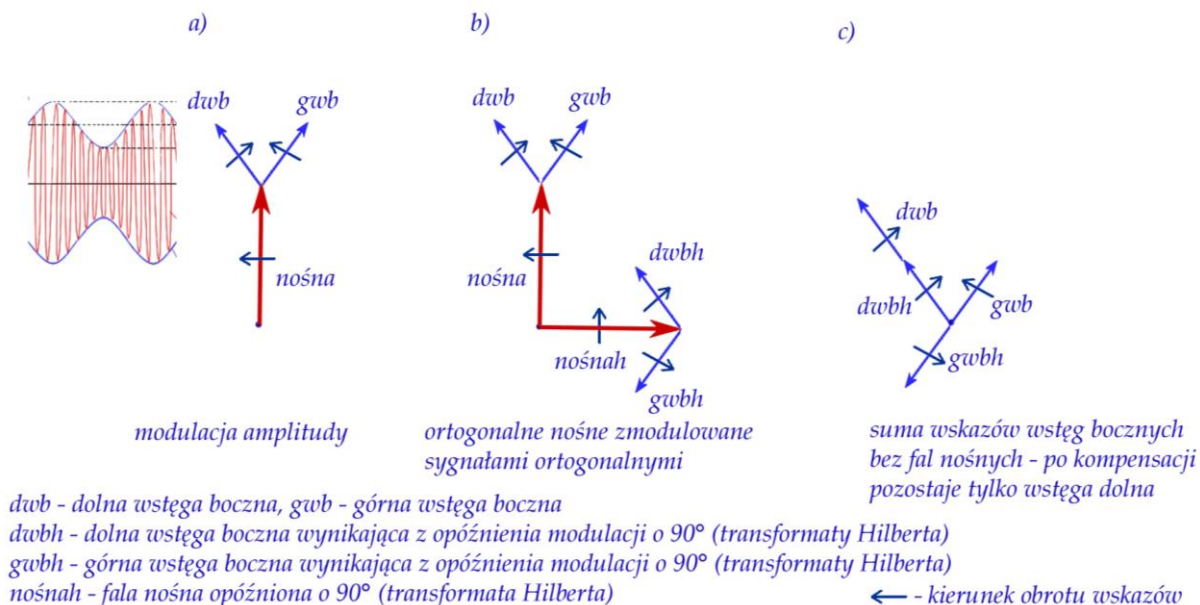


Rys. 7.1. Schemat blokowy modulatora zawiera dwa mieszacze zrównoważone i dwa przesuwniki opóźniające fazę o 90° czyli podające sygnały przekształceniu Hilberta

Schemat blokowy modulatora fazowego przedstawiono na rys. 7.1. Układ zawiera dwa mieszacze zrównoważone, przesuwnik fazy sygnału niskiej częstotliwości (m.c.z.), generator nośnej, przesuwnik fazy nośnej i sumator. Na schemacie pominięto wszelkie układy wzmacniające, niezbędne w praktyce, ale nieistotne dla zrozumienia zasady działania. Przesuwniki fazy realizują transformację Hilberta sygnału

wejściowego czyli opóźniają go o  $90^\circ$ . W układzie z rys. 7.1 do jednego z modulatorów doprowadzone są sygnały opóźnione w fazie (ortogonalne), a do drugiego ich oryginały. Dodanie obydwu zmodulowanych sygnałów powoduje eliminację składowych górnej wstęgi i pozostawienie dolnej, a ich odjęcie daje wynik odwrotny.

*Wykresy wskazowe dla dwuwstęgowej modulacji amplitudy i dla modulacji jednowstęgowej metodą kompensacyjną*



Rys. 7.2. Przejście od modulacji amplitudy do kompensacyjnego otrzymywania sygnału jednowstęgowego – wykresy wektorowe dla układu dwufazowego

Przyjrzyjmy się temu dokładniej w oparciu o wykresy fazowe z rys. 7.2. Każdy sygnał zmienny można przedstawić w postaci wektora fazowego (fazora, wskaz). Długość wektora reprezentuje chwilową amplitudę, a jego kierunek i zwrot – chwilową fazę reprezentowanego sygnału. Oznacza to, że w funkcji czasu wektor ten wiruje wokół punktu początkowego z częstotliwością kołową odpowiadającą częstotliwości sygnału. Sygnały o bardziej złożonej strukturze są reprezentowane przez większą liczbę wektorów, które po zsumowaniu dają chwilowy wektor wypadkowy – wartość chwilową sygnału. Na rys. 7.2a przedstawiona jest sytuacja dla dwuwstęgowej modulacji amplitudy. Pionowy wektor czerwony reprezentuje modulowaną falę nośną, a rozpoczynające się u jego szczytu wektory niebieskie – obie wstęgi boczne. Wektor czerwony wiruje wprawdzie z częstotliwością nośnej, ale dla ułatwienia przyjmijmy, że obserwator wiruje z taką samą prędkością kątową i dzięki temu widzi wektor nośnej jako nieruchomy względem niego. Wektor niebieski obracający się w tą samą stronę co nośna porusza się z większą prędkością wypadkową i reprezentuje górną wstęgę boczną (GWB, ang. USB), a wektor obracający się w przeciwną stronę – wstęgę dolną (DWB, ang. LSB). Z ich wektorowego sumowania powstaje wektor równoległy do wektora nośnej i skierowany zgodnie z nim albo w kierunku przeciwnym, co wypadkowo daje wektor nośnej o zmiennej amplitudzie. Przebieg sygnału zmodulowanego w funkcji czasu widoczny jest po lewej stronie fazorów z rys. 7.2a – nośna w kolorze czerwonym zmienia amplitudę w takt niebieskiej obwiedni.

W fazowym modulatorze jednowstęgowym z rys. 7.1 występują dwa tory modulacji amplitudy, a w każdym z nich sygnały o różniących się fazach. Wektor pionowy z rys. 7.2b odpowiada fali kosinusoidalnej zmodulowanej (nieopóźnionej) oryginałem sygnału m.cz. Jest to więc sytuacja identyczna jak na rys. 7.2a. Wektor poziomy reprezentuje falę nośną opóźnioną o  $90^\circ$  (sinusoidę) i zmodulowaną opóźnionymi składowymi m.cz. Na wyjściu modulatorów kołowych istnieją tylko sygnały obu wstęg bocznych, z których po dodaniu pozostaje tylko dolna, a po odjęciu – górna (rys. 7.2c). Przy okazji warto zwrócić uwagę na fakt, że górna wstęga boczna ma identyczny kształt widma jak sygnał modulujący i identyczny (naturalny) porządek składowych i z tego powodu jest również nazywana wstęgą naturalną, natomiast dolna wstęga stanowi jej odbicie zwierciadlane i jest nazywana również

wstęgą odwróconą. W dawniejszej literaturze radiotechnicznej wstęgi boczne są nazywane również falami bocznymi.

Wzory 7.1 – 7.3 opisują matematycznie w sposób możliwie nieskomplikowany modulację amplitudy, wyniki opóźnienia fazy o  $90^\circ$  i sumowania sygnałów w układzie z rys. 7.1, a przypadek odejmowania w celu otrzymania wstęgi górnej ujęto we wzorach 7.4. Dla uproszczenia we wzorach przyjęto wszystkie amplitudy jako równe jedności.

AM:

$$z(t) = (1 + x(t))\cos\Omega_0 t$$

$$x(t) = \cos\omega t$$

$$z(t) = (1 + \cos(\omega t))\cos\Omega_0 t$$

$$z(t) = \cos\Omega_0 t + 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t$$

Wzory 7.1

Transformata Hilberta:

$$\cos\Omega_0 t \rightarrow -\sin\Omega_0 t$$

$$\cos\omega t \rightarrow -\sin\omega t$$

Wzory 7.2

SSB (dolna wstęga):

$$z(t) = x(t)\cos\Omega_0 t - y(t)\sin\Omega_0 t$$

$$x(t) = \cos\omega t$$

$$y(t) = -\sin\omega t$$

$$z(t) = \cos(\omega t)\cos\Omega_0 t - (-\sin(\omega t))\sin\Omega_0 t$$

$$z(t) = \cos(\omega t)\cos\Omega_0 t + \sin(\omega t)\sin\Omega_0 t$$

$$z(t) = 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t - 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t$$

$$z(t) = \cos(\Omega_0 - \omega)t$$

Wzory 7.3

SSB (górną wstęgą):

$$z(t) = x(t)\cos\Omega_0 t + y(t)\sin\Omega_0 t$$

$$x(t) = \cos\omega t$$

$$y(t) = -\sin\omega t$$

$$z(t) = \cos(\omega t)\cos\Omega_0 t + (-\sin(\omega t))\sin\Omega_0 t$$

$$z(t) = \cos(\omega t)\cos\Omega_0 t - \sin(\omega t)\sin\Omega_0 t$$

$$z(t) = 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t - 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t$$

$$z(t) = \cos(\Omega_0 + \omega)t$$

Wzory 7.4

SSB (górną wstęgą 2):

$$z(t) = y(t)\cos\Omega_0 t - x(t)\sin\Omega_0 t$$

$$x(t) = \cos\omega t$$

$$y(t) = -\sin\omega t$$

$$z(t) = -\sin(\omega t)\cos\Omega_0 t + \cos(\omega t)\sin\Omega_0 t$$

$$z(t) = \cos(\omega t)\sin\Omega_0 t - \sin(\omega t)\cos\Omega_0 t$$

$$z(t) = 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t + 0,5 \cos(\Omega_0 + \omega)t - 0,5 \cos(\Omega_0 - \omega)t$$

$$z(t) = \cos(\Omega_0 + \omega)t$$

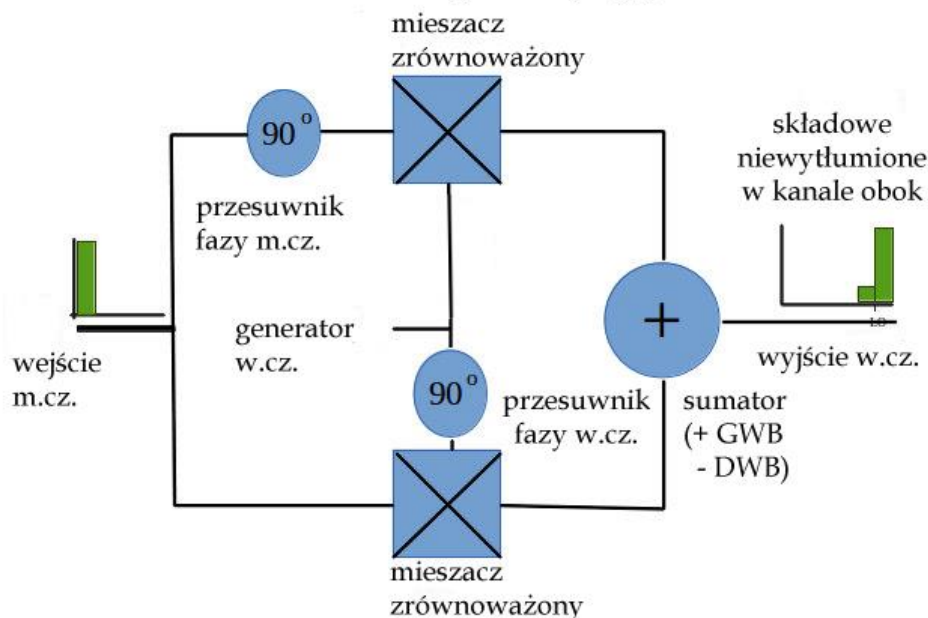
Wzory 7.5

Drugą, w tym przykładzie górną wstęgę można uzyskać także przełączając jeden z przesuwników fazy do drugiej gałęzi modulatora. Na schemacie blokowym z rys. 7.3 przełączony został przesuwnik fazy fali nośnej. Matematyczny zapis tego rozwiązania przedstawiają wzory 7.5.

Demodulator jednowstęgowy z rys. 7.4 pracuje w sposób analogiczny jak układ modulatora z rys. 7.1, z tą jedynie różnicą, że sumowane są składowe niskiej częstotliwości. Heterodyna musi pracować na częstotliwości wytłumionej nośnej SSB, ale nie musi być z nią zgodna w fazie. Praktycznie przy odbiorze mowy odchyłka  $\pm 10$  Hz nie odbija się ujemnie na zrozumiałości (dla muzyki dopuszczalna odchyłka wynosi  $\pm 2$  Hz). Autor pozostawia czytelnikom jako zadanie domowe narysowanie wykresów wskazowych dla demodulacji emisji jednowstęgowej w oparciu o powyższe przykłady.

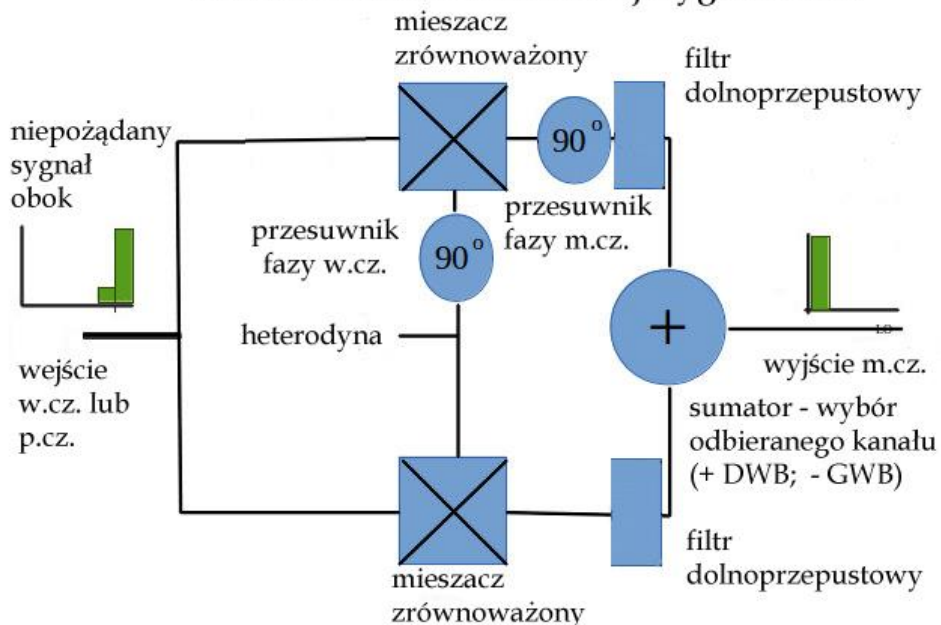
Dla uproszczenia w dotychczasowych rozważaniach autor posłużył się jednotonowym sygnałem modulującym. W rzeczywistości sygnał mowy ma wieloprążkowe widmo częstotliwości obejmujące w łącznościach fonicznych pasmo 300 – 3000 Hz lub zbliżone. Sygnały niektórych emisji cyfrowych zawierają natomiast w każdym momencie czasu tylko jedną składową lub ich niewielką liczbę.

### Fazowa metoda generacji sygnału SSB



Rys. 7.3. Alternatywny wariant przełączania wstęgi wyjściowej

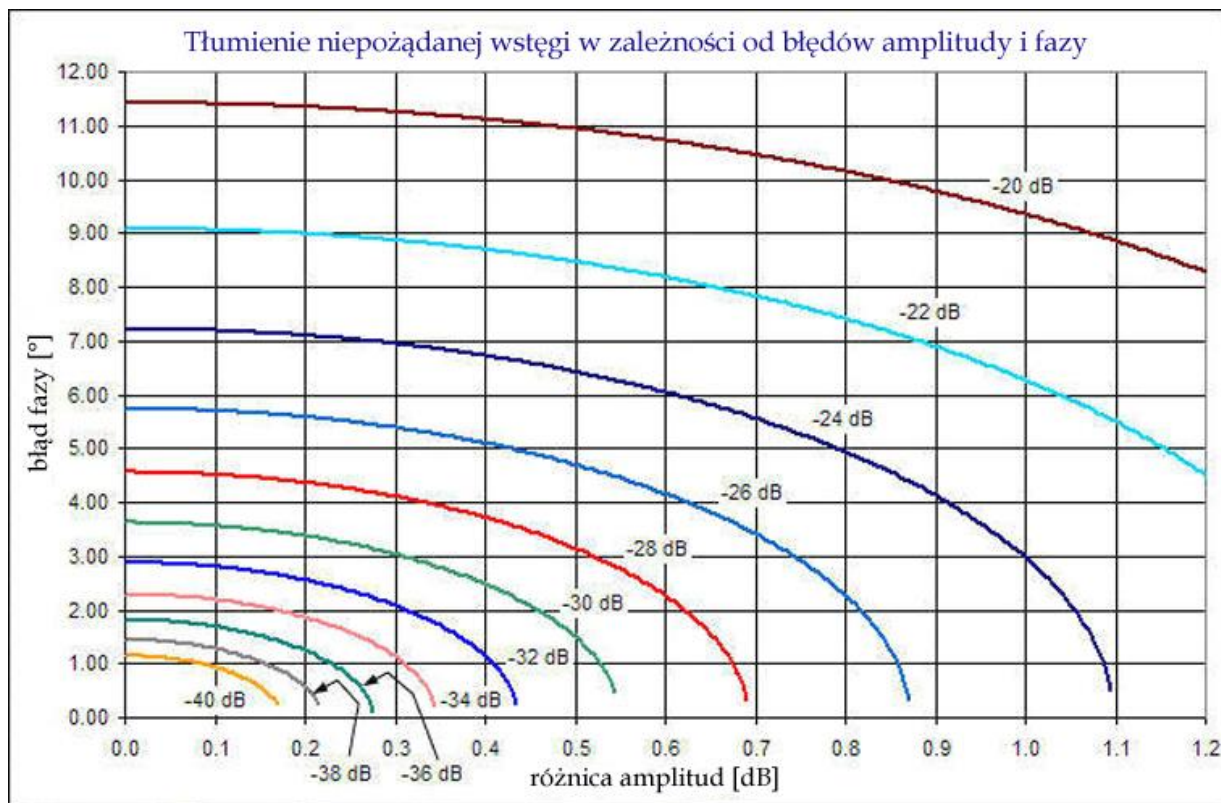
### Fazowa metoda demodulacji sygnału SSB



Rys. 7.4. Demodulator jednowstęgowy analogiczny do pierwszego modulatora

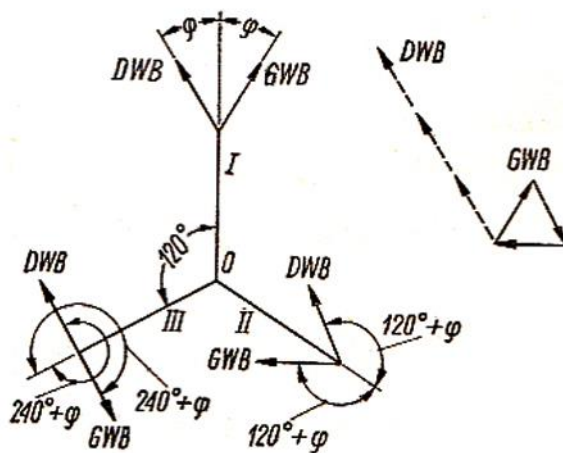
Cechą charakterystyczną, a jednocześnie słabą stroną wszelkich metod kompensacyjnych jest konieczność zapewnienia równowagi w dwóch lub więcej torach sygnału. W przypadku metody fazowej niezbędne jest uzyskanie równości amplitud i stałych różnic fazowych  $90^\circ$  w całym paśmie przenoszenia. W rzeczywistości jest to możliwe tylko z pewną skończoną dokładnością. Wpływ odchyłek faz i amplitud od stanu idealnego na tłumienie drugiej wstęgi przedstawiono na wykresach na rys. 7.5. W konstrukcjach amatorskich nadajników fonicznych wytłumienie niepożądanego wstęgi nie przekraczało prze-

ważnie 30 dB. W nadajnikach przeznaczonych wyłącznie dla emisji cyfrowych łatwiej jest uzyskać lepsze wartości ze względu na węższe pasmo tych sygnałów.



Rys. 7.5. Wpływ odchyłek amplitudy i fazy na jakość sygnału jednowstęgowego. Źródło: [www.rfcafe.com](http://www.rfcafe.com)

Najbardziej krytycznymi elementami są przesuwники fazy. O ile przesuwnik w.cz. pracujący w wąskim zakresie lub przy stałej częstotliwości pośredniej jest stosunkowo prostym układem, o tyle przesuwnik m.cz. musi pracować we względnie szerokim zakresie ponad 3 oktaw i dla zapewnienia dostatecznie dobrych wyników jest układem rozbudowanym i wrażliwym na tolerancje elementów (a także na wpływ napięć zasilania i czynników zewnętrznych, np. temperatury), zawierającym co najmniej kilkadziesiąt oporników i kondensatorów o tolerancjach 1% lub nawet mniejszych. Znacznie lepsze wyniki zapewniają współczesne realizacje w technice cyfrowej obróbki sygnałów.

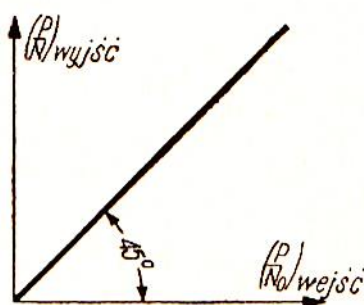


Rys. 7.6. Wykres wektorowy dla układu trzyfazowego modulatora jednowstęgowego. Źródło [7.5]

Oprócz omówionego najprostszego układu dwukanałowego istnieją także rozwiązania bardziej skomplikowane: trzy- lub czterokanałowe. Teoretycznie możliwe byłyby układy jeszcze bardziej rozbudo-

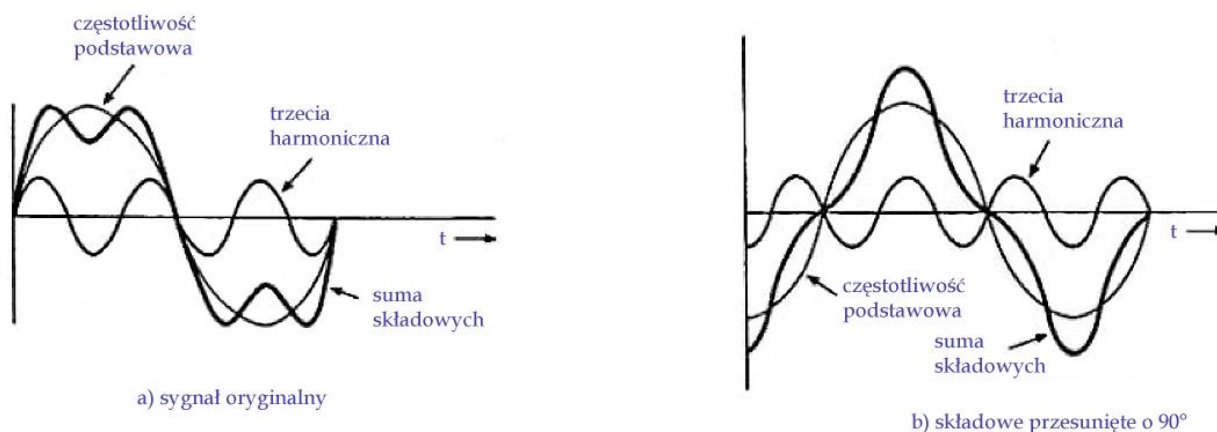


wane, ale są one niewygodnie w realizacji elektronicznej ze względu na większą liczbę modulatorów i przesuwników fazy. Na rys. 7.6 przedstawiony jest wykres wektorowy dla układu trzyfazowego. Ponieważ modulacja jednowstęgowa (niezależnie od sposobu jej realizacji) oznacza przesunięcie widma sygnału modulującego do zakresu wielkich częstotliwości, a demodulacja ponowne jego przesunięcie do zakresu dolnoprzepustowego bez zmiany kształtu widma, więc stosunki mocy sygnału do szumu na wejściu i na wyjściu detektora SSB są takie same. Charakterystyka szumowa modulacji jednowstęgowej jest linią prostą pochyloną pod kątem  $45^\circ$  i to niezależnie od kształtu widma sygnału i widma szumu (rys. 7.7). Dla porównania charakterystyka szumowa dwuwstęgowej modulacji amplitudy AM jest prostą nachyloną pod kątem zależnym od głębokości modulacji, a na charakterystyce dla modulacji częstotliwości (FM) powyżej pewnego progu obserwuje się poprawę tego stosunku czyli tzw. zysk szerokopasmowy. W teoretycznych rozważaniach właściwości modulacji nie uwzględnia się oczywiście szumów wnoszonych przez układy rzeczywiste.



Rys. 7.7. Charakterystyka szumowa modulacji jednowstęgowej

Analiza metody fazowej jest też dobrą okazją do wyjaśnienia przyczyn powstawania różnic obwiedni sygnału zmodulowanego w stosunku do modulującego.



Rys. 7.8. Zmiana wypadkowego kształtu sygnału pod wpływem przesunięcia fazy jego składowych o stałą wartość

Na rys. 7.8a widoczny jest sygnał modulujący złożony z dwóch składowych, sinusoidy o częstotliwości podstawowej i jej trzeciej harmonicznej. Po ich zsumowaniu otrzymywany jest pofalowany przebieg prostokątny. W drugim torze modulatora przebieg zawiera te same składowe, ale każda z nich jest przesunięta o  $90^\circ$  czyli o  $1/4$  swój okresu. W wyniku tego zmienia się ich wzajemne położenie na osi czasu, a więc po ich zsumowaniu przebieg wypadkowy ma zupełnie inny kształt. Obwiednia sygnału jednowstęgowego jest sumą obydwu obwiedni. Już na pierwszy rzut oka widać więc, że obwiednia sumaryczna musi różnić się od początkowej (sygnału przed przesunięciem fazy). W przypadkach szczególnych takich jak modulacja pojedynczym tonem (sytuacja spotykana w części emisji cyfrowych) fala zmodulowana ma stały poziom, tak jak sygnał modulujący, można więc mówić tu o zachowaniu kształtu obwiedni.

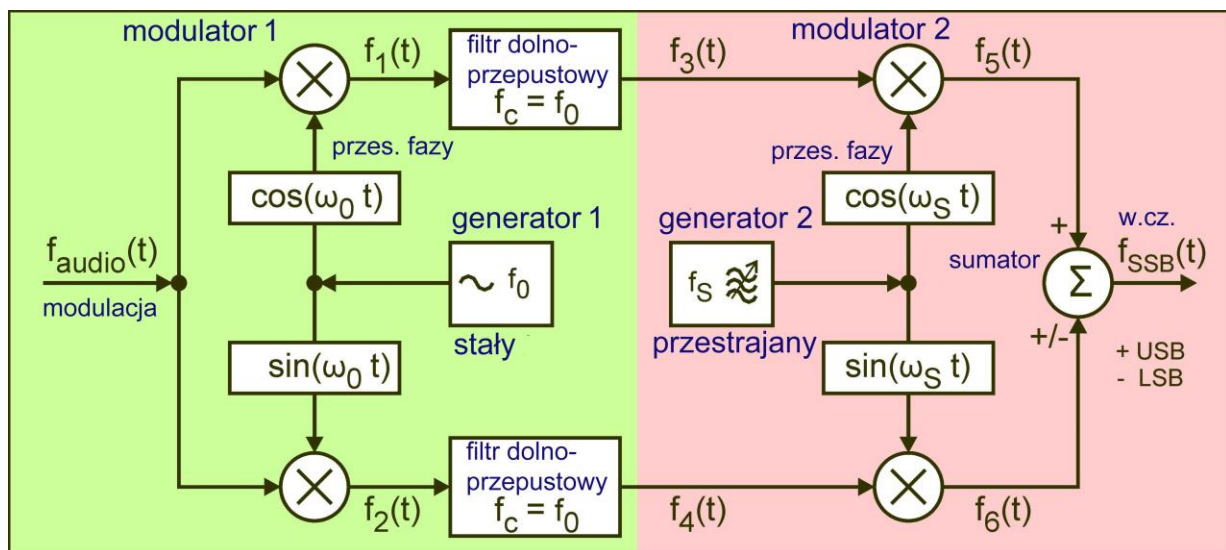
- [7.1] „Metoda Weavera dla bystrzaków”, Reinhardt Weber, DC5ZM, tłum. Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 3/2020, str. 40
- [7.2] „Metoda Weavera – uzupełnienia”, Reinhardt Weber, DC5ZM, tłum. Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 5/2020, str. 40
- [7.3] „Wzbudnica SSB Weavera”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 2/2017, str. 45
- [7.4] „Podstawy radiokomunikacji”, Stefan Hahn, WKŁ, Warszawa 1964
- [7.5] „Poradnik radioamatora”, praca zbiorowa, WKŁ, Warszawa 1977

## 8. Metoda Weavera dla bystrzaków

Trzecia metoda generacji i demodulacji sygnałów SSB została opracowana przez D. K. Weavera w roku 1956. Rozwiązanie układowe jest stosunkowo proste: zawiera dwa modulatory kwadraturowe, dwa identyczne filtry dolnoprzepustowe i dwa generatory kwadraturowe. Dzięki łatwości realizacji jest ona powszechnie stosowana w cyfrowej obróbce sygnałów. Po metodach filtrowej i fazowej jest to historycznie rzecz biorąc trzecie rozwiązanie i stąd też bierze się jej najczęściej używana nazwa. Obie wcześniejsze metody są wprawdzie układowo bardziej skomplikowane, ale są łatwiejsze do zrozumienia dla hobbystów aniżeli metoda Weavera. W niniejszym opracowaniu autor stara się przybliżyć jej działanie opierając się jedynie na podstawowych wiadomościach z matematyki i trygonometrii. Artykuł został opracowany w oparciu o publikację Reinhardta Webera DC7ZM.

### 8.1. Modulator

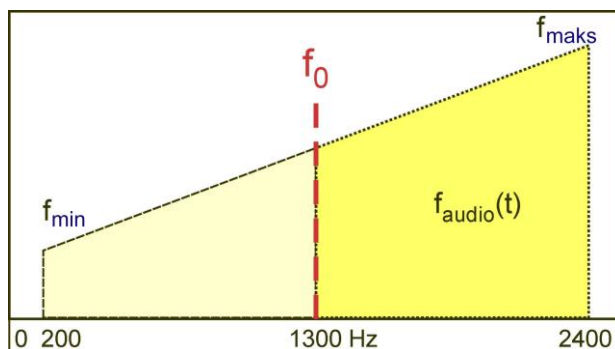
Na rys. 8.1 przedstawiony jest schemat blokowy modulatora Weavera. Sygnał m.cz. o ograniczonym paśmie jest podawany na wejścia dwóch modulatorów zrównoważonych. Częstotliwość generatora podnośnej  $f_0$  jest doprowadzona do wejścia obu modulatorów z różnicą fazy 90 stopni ( $\sin$ ,  $\cos$ ). Ich sygnały wyjściowe przechodzą przez identyczne filtry dolnoprzepustowe FDP (o częstotliwościach granicznych równych częstotliwości podnośnej) do kolejnych modulatorów kwadraturowych, do których doprowadzone są kwadraturowe (przesunięte wzajemnie o  $90^\circ$ ) sygnały z generatora w.cz. o częstotliwości  $f_s$ . Suma sygnałów wyjściowych modulatorów daje sygnał górnej wstęgi bocznej (USB; GWB), natomiast różnica – dolną wstęgę (LSB; DWB).



Rys. 8.1. Schemat blokowy modulatora SSB dla metody D. K. Weavera

W dalszej analizie sygnałów występujących w układzie posługujemy się wzorami podanymi w dodatku [A1]. Dla łatwiejszego zrozumienia zrezygnowano z dokładniejszego uwzględnienia amplitud i faz sygnałów przyjmując wszystkie amplitudy jako równe 100% (1) i kąty fazowe wynoszące 0 stopni. Uproszczenie to nie ma to żadnego wpływu na dalsze wyjaśnienia zasad pracy.

Ilustracja 8.2 przedstawia widmo typowego sygnału mowy. Częstotliwość  $f_0$  leży na środku jego pasma i wynosi  $f_0 = (f_{\min} + f_{\max}) / 2$ .



Rys. 8.2. Widmo sygnału mowy

Mnożenie sygnałów wejściowych modulatora przy użyciu wzorów [TR1] i [TR3] daje w wyniku przebiegi  $f_1(t)$  i  $f_2(t)$  o identycznych widmach, ale różniące się w fazie.

$$\begin{aligned}
 f_1(t) &= f_{\text{audio}}(t) * f_0(t) & | \omega &= 2\pi f \\
 &= \cos(\omega_{\text{audio}} * t) * \cos(\omega_0 * t) \\
 &= \cos((\omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \\
 &\quad + \cos((\omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) & [1]
 \end{aligned}$$

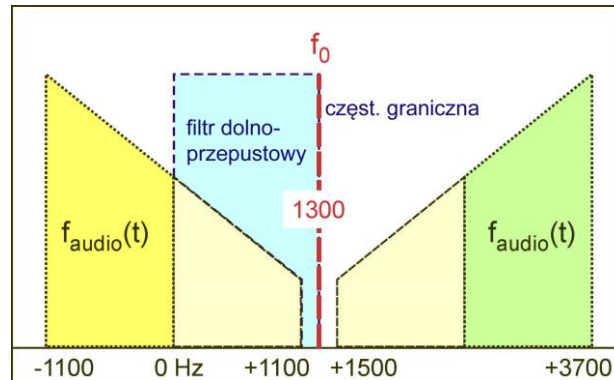
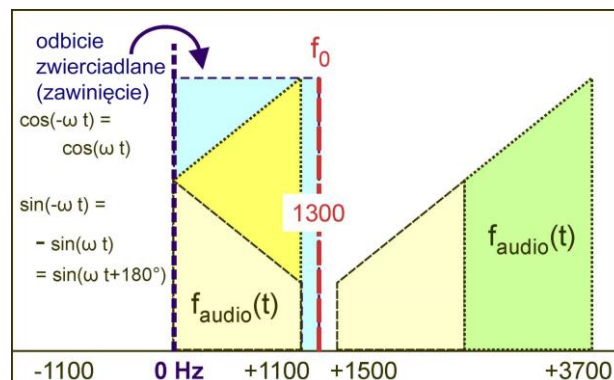
Wzór 8.1

$$\begin{aligned}
 f_2(t) &= f_{\text{audio}}(t) * f_0(t) & | \omega &= 2\pi f \\
 &= \cos(\omega_{\text{audio}} * t) * \sin(\omega_0 * t) \\
 &= \sin((\omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) \\
 &\quad - \sin((\omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) & [2]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.2

Wstawiając do wzorów [8.1] i [8.2] częstotliwość środkową 1300 Hz i granice pasma 200 – 2400 Hz otrzymujemy na wyjściu składowe o częstotliwościach zarówno dodatnich jak i ujemnych (patrz rys. 8.3). Oczywiście częstotliwości ujemne nie istnieją fizycznie, a jedynie matematycznie. Dla wyjaśnienia sprawy konieczne jest przypomnienie sobie podstaw rachunku na liczbach zespolonych. Liczby zespolone zawierają oprócz dobrze wszystkim znanej części rzeczywistej również część urojoną, przedstawianą na wykresach na osi położonej prostopadle do osi liczb rzeczywistych (w elektrotechnice odpowiada to przesunięciu w fazie o 90 stopni). W matematyce liczby urojone są poprzedzone literą  $i$  (łac. *imaginaria*), w elektrotechnice dla uniknięcia niejasności związanych z symbolicznymi oznaczeniami prądów stosowana jest litera  $j$ . Liczby te występują m.in. w analizie pracy obwodów prądu zmiennego i pozwalają na elegancki zapis matematyczny zjawisk. Są to przykładowo urojone oporności (reaktancje) cewki lub kondensatora przy przepływie prądu zmiennego o dowolnej częstotliwości. W układach zawierających zarówno reaktancje jak i oporności rzeczywiste wypadkową oporność zespoloną (impedancję) oblicza się dodając geometrycznie (wektorowo) składowe rzeczywistą i urojoną.

Dla wyjaśnienia sprawy posłużmy się wzorami [TR4] z dodatku A1. Przebieg kosinusoidalny z ujemnym argumentem (częstotliwością) jest identyczny jak dla argumentu dodatniego. Dla przebiegu sinusoidalnego różnica między sinusoidami z argumentem ujemnym i dodatnim odpowiada przesunięciu w fazie o 180 stopni, czyli zmianie znaku przed sinusem. Wszystkie składowe o wynikających z obliczeń na częstotliwościach ujemnych leżą więc w zakresie częstotliwości dodatnich symetrycznie wokół częstotliwości zerowej jak to przedstawia rys. 8.4.

Rys. 8.3. Widma sygnałów wyjściowych modulatorów  $f_1(t)$  i  $f_2(t)$ 

Rys. 8.4. Alternatywne przedstawienie widma sygnału o częstotliwościach ujemnych

W dalszych obliczeniach nie musimy się więc przejmować ujemnymi częstotliwościami i możemy postępować dalej tak, jakby istniały naprawdę, a wyniki okażą się zaskakujące.

Sygnały zmodulowane  $f_1(t)$  i  $f_2(t)$  są następnie filtrowane za pomocą filtrów dolnoprzepustowych o częstotliwości granicznej  $f_0 = 1300$  Hz. Po usunięciu w ten sposób składowych o częstotliwościach powyżej 1300 Hz (fgr filtru) otrzymujemy przebiegi  $f_3(t)$  i  $f_4(t)$  [8.3], [8.4].

$$f_3(t) = \cos((\omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [3]$$

Wzór 8.3

$$f_4(t) = -\sin((\omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [4]$$

Wzór 8.4

Są one następnie podawane na kolejną parę modulatorów kwadraturowych gdzie modulują nośną wielkiej częstotliwości  $f_S(t)$ . Przebiegi zmodulowane opisują równania [8.5] i [8.6] oparte o wzory [TR1] i [TR2].

$$\begin{aligned} f_6(t) &= f_S(t) * f_4(t) \\ &= \sin(\omega_S * t) * \sin(-\omega_4 * t) \\ &= -\cos((\omega_S - \omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) \\ &\quad + \cos((\omega_S + \omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [5] \end{aligned}$$

Wzór 8.5

$$\begin{aligned}
 f_6(t) &= f_5(t) * f_4(t) \\
 &= \sin(\omega_S * t) * \sin(-\omega_4 * t) \\
 &= -\cos((\omega_S - \omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) \\
 &\quad + \cos((\omega_S + \omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [6]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.6

W wyniku dodania równań [8.5] i [8.6] otrzymuje się górną wstęgę boczną USB [8.7], a w wyniku ich odjęcia – dolną LSB [8.8].

$$f_5(t) = \cos((\omega_S - \omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) + \cos((\omega_S + \omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [5]$$

$$f_6(t) = -\cos((\omega_S - \omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) + \cos((\omega_S + \omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [6]$$

---


$$\text{Suma:} \quad f_{\text{USB}}(t) = f_5(t) + f_6(t) = \cos((\omega_S + \omega_{\text{audio}} - \omega_0) * t) \quad [7]$$

$$\text{Różnica:} \quad f_{\text{LSB}}(t) = f_5(t) - f_6(t) = \cos((\omega_S - \omega_{\text{audio}} + \omega_0) * t) \quad [8]$$

Wzory 8.7 i 8.8

Równanie [8.9] przedstawia postać ogólną sygnału SSB (patrz dod. A2).  $f_{\text{cr}}$  oznacza tutaj wytłumioną nośną, znak plus odnosi się do wstęgi górnej, a minus do dolnej.

$$f_{\text{SSB}}(t) = \cos((\omega_{\text{CR}} \pm \omega_{\text{audio}}) * t) \quad [9]$$

Wzór 8.9

W trakcie transmisji ulegają zmianom jedynie częstotliwości akustyczne audio, a częstotliwość nośna  $f_{\text{cr}}$  względnie jej pulsacja  $\omega_{\text{cr}}$  pozostaje stała. Argumenty funkcji kosinus zawierają dwie stałe częstotliwości  $f_s$  i  $f_0$  czyli odpowiadające im pulsacje (częstotliwości kołowe)  $\omega_s$  i  $\omega_0$ . Razem wzięte dają one częstotliwość nośną  $f_{\text{cr}}$ , patrz równania [8.10] i [8.11].

$$f_{\text{USB}}(t) = f_5(t) + f_6(t) = \cos((\omega_{\text{CR}} + \omega_{\text{audio}}) * t) \quad | \quad \omega_{\text{CR}} = \omega_S - \omega_0 \quad [10]$$

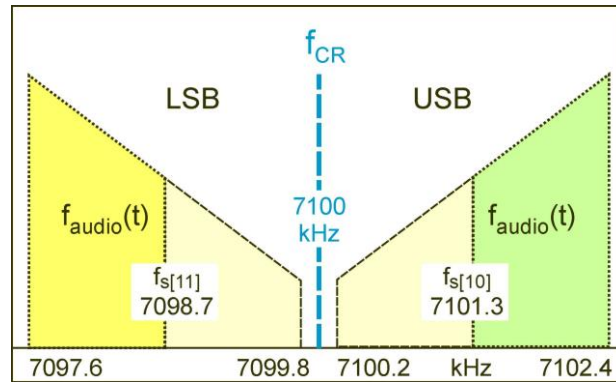
$$f_{\text{LSB}}(t) = f_5(t) - f_6(t) = \cos((\omega_{\text{CR}} - \omega_{\text{audio}}) * t) \quad | \quad \omega_{\text{CR}} = \omega_S + \omega_0 \quad [11]$$

---


$$f_{\text{SSB}}(t) = \cos(\omega_{\text{SSB}} * t) \quad | \quad \omega_{\text{SSB}} = \omega_{\text{CR}} \pm \omega_{\text{audio}} \quad [12]$$

Wzory 8.10, 8.11 i 8.12

Zmiana nadawanej wstęgi wymaga nie tylko przełączenia operacji arytmetycznej, ale także przestrojenia częstotliwości  $f_s$  ze względu na różnicę znaków w operacjach w obu przypadkach. Przykładowo przyjmując częstotliwość nadawania (wytłumionej nośnej w.cz.) 7100 kHz i pomocniczej podnośnej 1300 Hz otrzymujemy dla transmisji górnej wstęgi częstotliwość generatora  $f_s$  równą 7101,3 kHz, a dla transmisji dolnej wstęgi – 7098,7 kHz. Dla cyfrowo sterowanych syntezerów częstotliwości przestrojenie takie nie stanowi żadnego problemu.



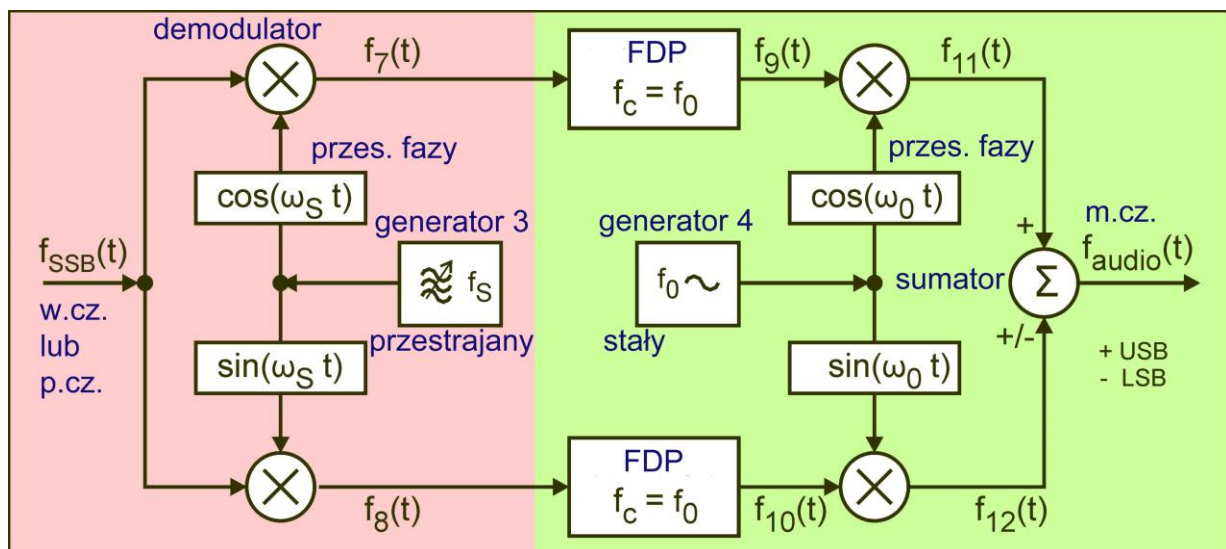
Rys. 8.5. Widmo sygnału SSB dla wytłumionej nośnej 7100 kHz

Wzbudnica SSB dla metody Weavera może być zrealizowana analogowo, w oparciu o cyfrową obróbkę sygnałów i w sposób mieszany.

W rozwiązaniu analogowym stosowane są mieszacze podwójnie zrównoważone (kołowe), mniej lub bardziej rozbudowane filtry dolnoprzepustowe LC albo RC i analogowe generatory. Dla cyfrowej obróbki sygnałów konieczne są procesory sygnałowe, przetworniki A-C i C-A, mikroprocesory i programowalne matryce FPGA. Do sterowania pracą wzbudnicy służy program pracujący na mikroprocesorze. W rozwiązaniach mieszanych cyfrowo realizowana jest część niskiej częstotliwości (zaznaczona zielonym tłem na rys. 8.1), a analogowo część wielkiej częstotliwości (zaznaczona tłem czerwonym). Na identyczne sposoby realizowane są opisane w następnym punkcie demodulatory.

### 8.2. Demodulator

Zamieniając miejscami generatory 1 i 2 z rys. 8.1 otrzymujemy demodulator dla trzeciej metody. Sygnał SSB jest mieszany w pierwszej parze demodulatorów z kwadraturowym sygnałem generatora w.cz. lub p.cz. o częstotliwości  $f_s$  (pulsacji  $\omega_s$ ).



Rys. 8.6. Schemat blokowy demodulatora Weavera

Sygnały wyjściowe  $f_7(t)$  i  $f_8(t)$  obliczane są na podstawie wzorów [TR1], [TR3] i [TR4] zamieszczonych w dodatku 8.2.

$$\begin{aligned}
 f_7(t) &= f_S(t) * f_{SSB}(t) & | \quad \omega = 2\pi f \\
 &= \cos(\omega_S * t) * \cos(\omega_{SSB} * t) \\
 &= \cos((\omega_S - \omega_{SSB}) * t) \\
 &\quad + \cos((\omega_S + \omega_{SSB}) * t) \quad [13]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.13

$$\begin{aligned}
 f_8(t) &= f_S(t) * f_{SSB}(t) & | \quad \omega = 2\pi f \\
 &= \sin(\omega_S * t) * \cos(\omega_{SSB} * t) \\
 &= \sin((\omega_S + \omega_{SSB}) * t) \\
 &\quad - \sin((\omega_S - \omega_{SSB}) * t) \quad [14]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.14

Składowe o częstotliwościach różnicowych, niższych od częstotliwości granicznej filtrów dolnoprzepustowych  $\cos((\omega_S - \omega_{SSB}) * t)$  ze wzoru [8.13] i  $\sin((\omega_S - \omega_{SSB}) * t)$  ze wzoru [8.14] są przepuszczane przez filtry, natomiast składowe o częstotliwościach sumarycznych  $\cos((\omega_S + \omega_{SSB}) * t)$  i  $\sin((\omega_S + \omega_{SSB}) * t)$  są eliminowane. Na wyjściach filtrów otrzymuje się więc przebiegi  $f_9(t)$  i  $f_{10}(t)$ . W rzeczywistości ponieważ charakterystyki częstotliwościowe filtrów dolnoprzepustowych odbiegają od idealnie prostokątnych na ich wyjściach występują szczytkowe składowe drugich wstęg bocznych.

$$f_9(t) = \cos((\omega_S - \omega_{SSB}) * t) \quad [15]$$

Wzór 8.15

$$f_{10}(t) = -\sin((\omega_S - \omega_{SSB}) * t) \quad [16]$$

Wzór 8.16

Po demodulacji sygnałów [8.15] i [8.16] w drugiej parze demodulatorów kwadraturowych przy użyciu podnośnych  $\cos(\omega_0)$  i  $\sin(\omega_0)$  otrzymuje się sygnały wyjściowe m.c.  $f_{11}(t)$  i  $f_{12}(t)$ .

$$\begin{aligned}
 f_{11}(t) &= f_9(t) * f_0(t) & | \quad \omega = 2\pi f \\
 &= \cos((\omega_{SSB} - \omega_S) * t) * \cos(\omega_0 * t) \\
 &= \cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0) * t) \\
 &\quad + \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0) * t) \quad [17]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.17

$$\begin{aligned}
 f_{12}(t) &= f_{10}(t) * f_0(t) & | \quad \omega = 2\pi f \\
 &= -\sin((\omega_{SSB} - \omega_S) * t) * \sin(\omega_0 * t) \\
 &= -[ \cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0) * t) \\
 &\quad - \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0) * t) ] \\
 &= -\cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0) * t) \\
 &\quad + \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0) * t) \quad [18]
 \end{aligned}$$

Wzór 8.18



Po dodaniu do siebie równań [8.17] i [8.18] otrzymujemy wynik [8.19], natomiast po ich odjęciu wynik [8.20].

	$f_{11}(t) = \cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0)*t) + \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0)*t)$	[17]
	$f_{12}(t) = -\cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0)*t) + \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0)*t)$	[18]
Suma:	$f_{audio}(t) = f_{11}(t) + f_{12}(t) = \cos((\omega_{SSB} - \omega_S + \omega_0)*t)$	[19]
Różnica:	$f_{audio}(t) = f_{11}(t) - f_{12}(t) = \cos((\omega_{SSB} - \omega_S - \omega_0)*t)$	[20]

Wzory 8.19 i 8.20

Równania [8.21] i [8.22] przedstawiają we wspólnej postaci definicje ze wzorów [8.10], [8.11] i [8.12].

$\omega_{SSB(USB)} = \omega_S - \omega_0 + \omega_{audio}$	[21]
$\omega_{SSB(LSB)} = \omega_S + \omega_0 - \omega_{audio}$	[22]

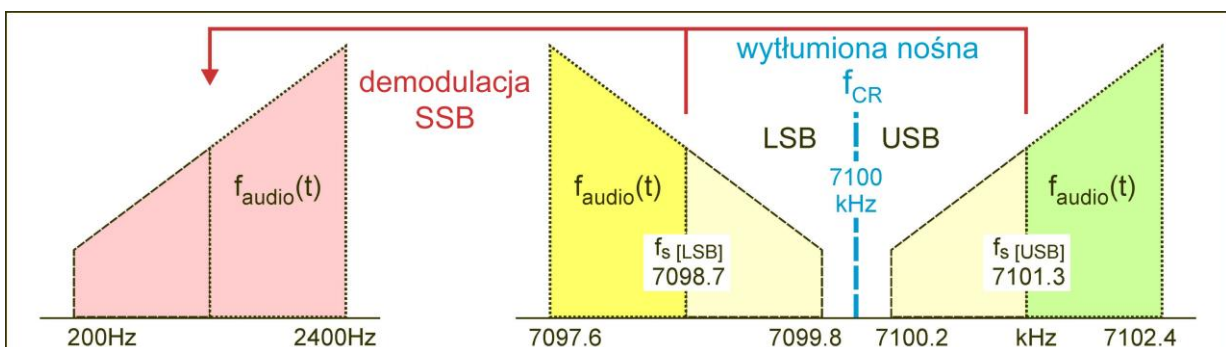
Wzory 8.21 i 8.22

Po podstawieniu równań [8.21] i [8.22] do [8.19] i [8.20] eliminuje się zmienne  $\omega_S$  i  $\omega_0$ , a pozostaje jedynie składowa małej częstotliwości  $\omega_{audio}$  [8.23], [8.24].

$f_{audio(USB)}(t) = \cos(\omega_{audio}*t)$	[23]
$f_{audio(LSB)}(t) = \cos(-\omega_{audio}*t)$	[24]

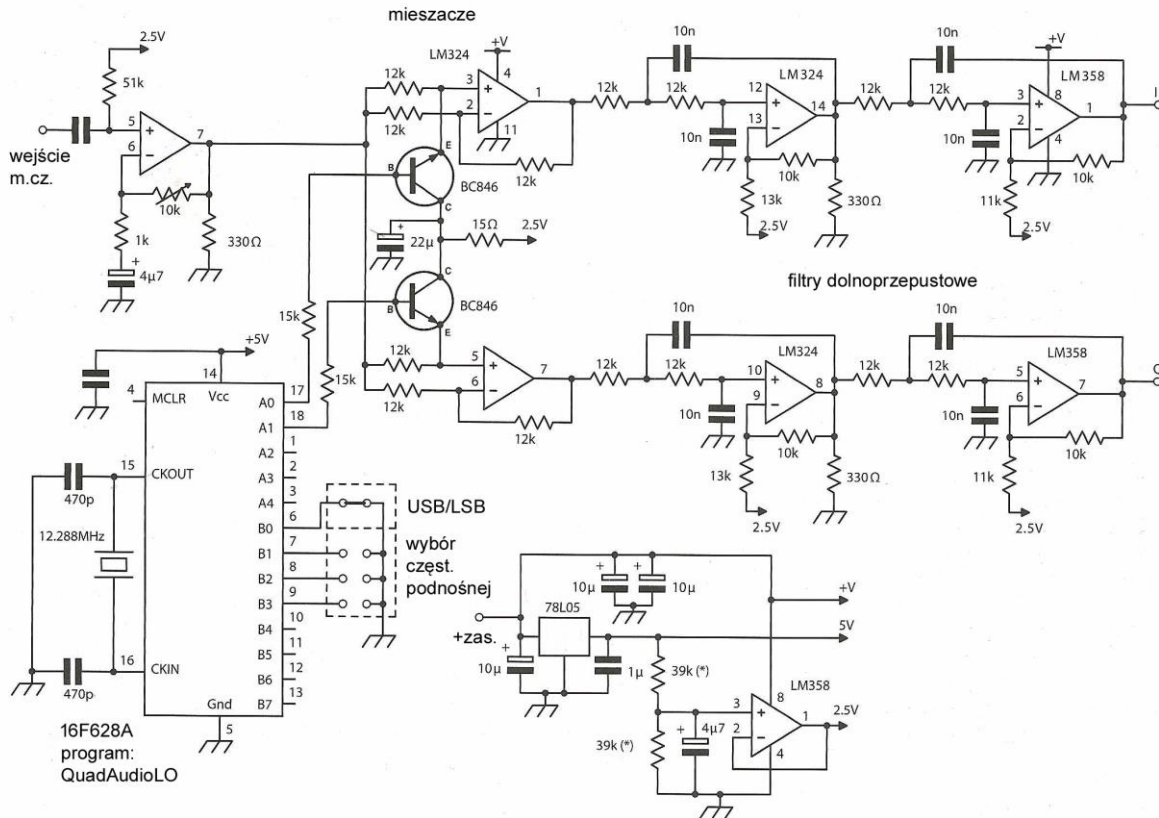
Wzory 8.23 i 8.24

Jak wynika z [TR4] ujemny argument kosinusa w [8.24] w niczym nie przeszkadza, a jego skutek jest podobny do zamiany przewodów na doprowadzeniach głośnika. Na ilustracji 8.7 przedstawiono działanie demodulatora przy odbiorze stacji w paśmie 40 m. Analogicznie jak w przypadku modulatora również demodulator można zrealizować na trzy wymienione powyżej sposoby.



Rys. 8.7 Demodulacja SSB przy odbiorze w paśmie 40 m

Ze względu na to, że charakterystyki przenoszenia filtrów dolnoprzepustowych w modulatorze i w demodulatorze odbiegają od idealnie prostokątnych na ich wyjściach występują częściowo stłumione składowe częstotliwościowe drugich (niepożądanych) wstęp. Przy częstotliwości pomocniczej podnośnej leżącej w środku pasma akustycznego te niepożądane składowe znajdują się w kanale nadawanym, natomiast dla podnośnych leżących poza nim np. 2600 Hz występowałyby one w kanale sąsiednim. Sprawę tą omówiono dokładniej w poz. [8.3].



Rys. 8.8. Schemat demodulatora dla metody Weavera. Sygnał m.cz. jest podawany na mieszacze pracujące na wzmacniaczach operacyjnych o wzmocnieniu przełączanym pomiędzy +1 i -1. Na ich wyjściach znajdują się filtry dolnoprzepustowe o częstotliwości granicznej 1,3 kHz (na poziomie -3 dB). Mikroprocesor PIC pracuje jako generator kwadraturowy dostarczający podnośnej 1,6 kHz co pozwala na otrzymanie sygnału zdemodulowanego o paśmie 300 Hz – 2,9 kHz. Program dla mikroprocesora jest dostępny pod adresem [www.g4jnt.com/QuadAudioLO.zip](http://www.g4jnt.com/QuadAudioLO.zip). Można zastosować inne dowolne rozwiązanie generatora podnośnej dające falę prostokątną. Wejściowy sygnał m.cz. powinien mieć pasmo ograniczone do 3,5 kHz. Źródło: RadCom 5/2016

### 8.3. Dodatki

A1 – wzory trygonometryczne

$\cos(x) * \cos(y) = \cos(x-y) + \cos(x+y)$	[TR1]
$\sin(x) * \sin(y) = \cos(x-y) - \cos(x+y)$	[TR2]
$\cos(x) * \sin(y) = \sin(x+y) - \sin(x-y)$	[TR3]
$\cos(-x) = \cos(x) \quad   \quad \sin(-x) = -\sin(x)$	[TR4]

Rys. 8.a1. Wzory TR1 – TR4

## A2 – rodzaje modulacji

$f_{AM}(t) = A_{CR} \cdot \cos(\omega_{CR} \cdot t + \varphi_{CR})$ $+ A \cdot \cos(\omega_{CR} - \omega_{audio} + \varphi_A) \cdot t$ $+ A \cdot \cos(\omega_{CR} + \omega_{audio} + \varphi_A) \cdot t$
$f_{DSB}(t) = A \cdot \cos(\omega_{CR} - \omega_{audio} + \varphi_A) \cdot t$ $+ A \cdot \cos(\omega_{CR} + \omega_{audio} + \varphi_A) \cdot t$
$f_{SSB}(t) = A_{SSB} \cdot \cos(\omega_{CR} \pm \omega_{audio} + \varphi_{SSB}) \cdot t$ <p style="text-align: center;">[ <math>\pm</math> -&gt; LSB (-), USB (+) ]</p> <p><math>\omega = 2\pi f</math>, CR = nośna</p>

Rys. 8.a2. Matematyczny opis modulacji amplitudowych

[8.1] „SSB – Weaver for Dummies”, Reinhardt Weber, DC5ZM

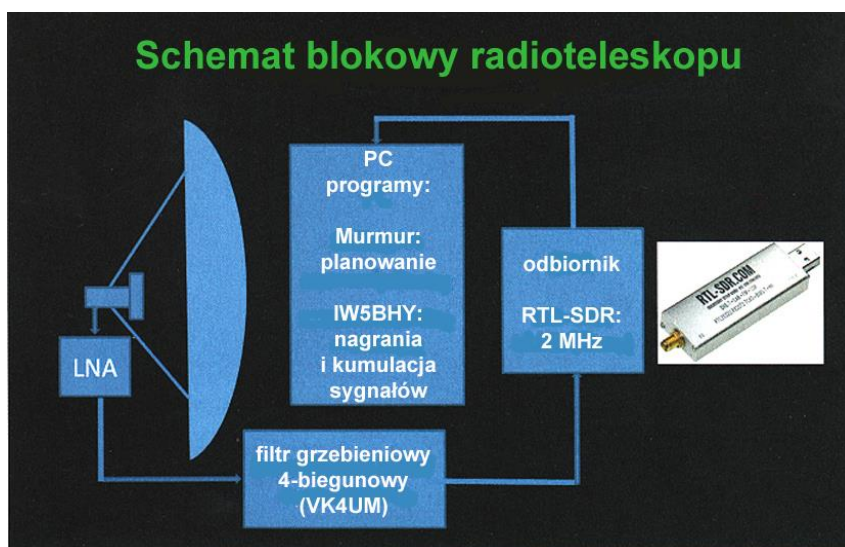
[8.2] weber.r1@t-online.de – adres DC5MZ

[8.3] „Wzбудnica SSB Weavera”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 2/2017, str. 45

## 9. Pulsary – kosmiczne latarnie morskie

Zainteresowania łącznościami EME mogą stać się pierwszym krokiem do zajęcia się radioastronomią. Zgromadzone wyposażenie radiowo-antenowe ułatwia wówczas przejście od teorii do praktyki. Najsilniejszym źródłem promieniowania radiowego w okolicy Ziemi jest oczywiście Słońce. Kolejnymi są Księżyc – odbijający promieniowanie pochodzenia słonecznego oraz niektóre stosunkowo bliskie jak na skalę kosmiczną mgławice i gwiazdozbiory. Na falach krótkich silnym źródłem jest Jowisz, ale niestety zakłócenia pochodzenia ziemskiego poważnie utrudniają obserwacje. Ciekawymi chociaż niełatwymi do obserwacji amatorskich źródłami są pulsary. Jak wskazuje już ich nazwa są one źródłami promieniowania radiowego o zmiennej intensywności – promieniowania pulsującego.

Autor pozycji [9.1], austriacki krótkofalowiec OE5JBL zajmujący się od ponad 35 lat łącznościami przez odbicia od powierzchni Księżyca (EME) poszedł tą samą drogą. Korzystając z parabolicznej anteny ofsetowej własnej konstrukcji – o średnicy 7,3 m – przeprowadził obserwacje ponad 50 gwiazd-pulsarów w pasmach 424 i 1294 MHz (w paśmie 23 cm było ich 18, a powtarzających się w obydwu 11). Do odbioru w paśmie 70 cm korzystał on podwójnego dipola z reflektorem ścianowym, a w paśmie 23 cm z anteny rożkowej. Część obserwacji została przeprowadzona przy użyciu anteny parabolicznej o średnicy 3 m, a obserwacje jednego z pulsarów (B0329+54) nawet przy użyciu 23-elementowej anteny Yagi na pasmo 70 cm (obserwacje Słońca i innych bliższych i silniejszych źródeł wymagają anten o znacznie mniejszych rozmiarach). Odebrane sygnały po wstępnym wzmacnieniu w przedwzmacniaczu tranzystorowym (MGF4919 na 23 cm, 2SK571 na 70 cm) z dodatkowym stopniem na obwodzie MMIC PGA103+ były podawane przez czterobiegunowy filtr grzebieniowy dla pasma 70 cm lub trójbiegunowy dla pasma 23 cm na odbiornik programowalny popularnej klasy RTL-SDR, który został później zastąpiony przez odbiornik wyższej klasy *Air Spy+*. Konieczna jest szerokość odbieranego pasma 2 – 10 MHz (w okolicach pasma 70 cm trudno jest znaleźć mało zakłócony podzakres o szerokości 10 MHz). Przedwzmacniacz powinien mieć współczynnik szumów poniżej 0,5 dB i wzmacnienie około 30 dB jak w przypadku łączności EME. Do odbioru i rejestracji sygnałów używane były programy autorstwa IW5BHY (oparte o Gnu-Radio).

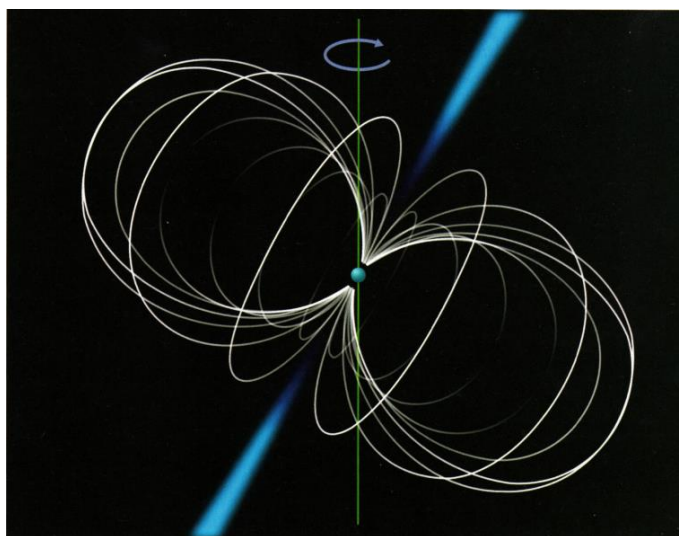


Rys. 9.1. Schemat blokowy układu odbiorczego. Program Murmur autorstwa IONAA dostarcza informacji o położeniu pulsara na niebie

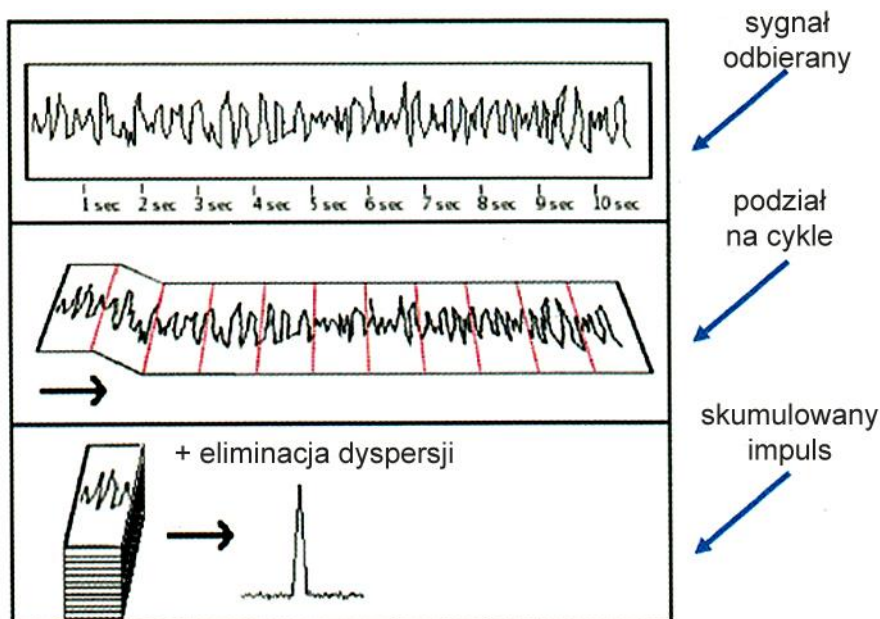
### 9.1. Pulsary

W końcowej fazie życia gwiazd mogą wystąpić trzy podstawowe scenariusze. Z gwiazd o stosunkowo niewielkiej masie, przykładowo zbliżonej do masy Słońca powstaje wówczas biały karzeł. Gwiazdy o bardzo dużej masie zmieniają się w czarne dziury, a w gwiazdach o masie średniej dochodzi najpierw do eksplozji supernowych, a następnie do implozji pozostałego materiału. W końcowym stadium powstają gwiazdy neutronowe o średnicach 10 – 30 km. Zachowanie momentu obrotowego powoduje,

że ich okres obrotu gigantycznie wzrasta i leży przeważnie w zakresie od około 30 milisekund do 1 – 2 sekund. Ich powierzchnie poruszają się z szybkościami wynoszącymi 10 – 20 % szybkości światła, a pola magnetyczne osiągają wartości ekstremalne. W przypadku odchylenia się osi pola magnetycznego od osi obrotu powstaje silne promieniowane synchrotronowe w zakresie fal radiowych. Promieniowanie to jest skupione w kierunku osi pola magnetycznego gwiazdy i wraz z jej obrotem wokół własnej osi może trafiać również przypadkowo na Ziemię. Częstotliwość odbieranych impulsów jest zależna od szybkości obrotu gwiazdy, przy czym właśnie ten impulsowy charakter nasuwa skojarzenia z latarnią morską. Natężenie pola elektromagnetycznego jest wprawdzie bardzo duże w pobliżu gwiazdy, ale w odległości tysięcy lat świetlnych od niej – na Ziemi – jest już ono bardzo słabe i trudno odbieralne. Sytuację można obrazowo porównać z obserwacją świeczki zapalanej na powierzchni Księżyca. Do profesjonalnych obserwacji pulsarów używane są radioteleskopy o średnicach anten minimum 25 m. Dla obserwacji w czasie rzeczywistym przy użyciu odbiornika o paśmie przenoszenia równym kanałowi SSB konieczne byłyby nawet anteny paraboliczne o średnicach 100 m.

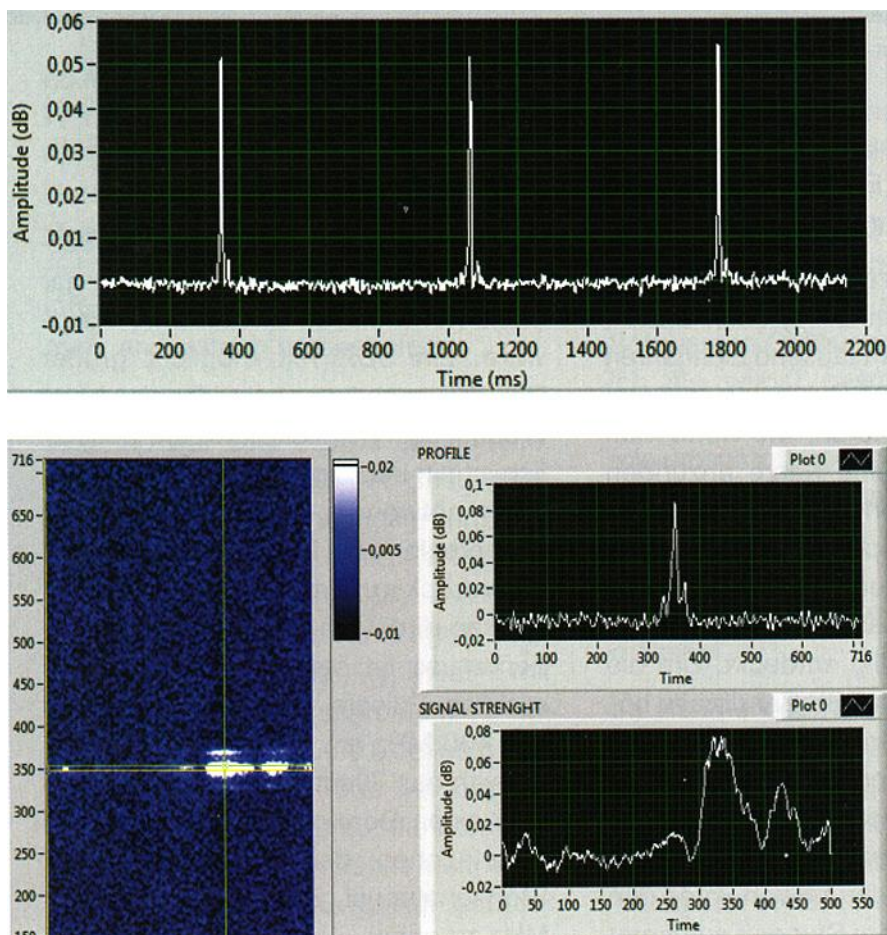


Rys. 9.2. Zasada funkcjonowania pulsarów (źródło: Wikipedia)



Rys. 9.3. Podział sygnału na okresy powtarzania i kumulacja impulsów

Obserwacje w warunkach amatorskich polegają na wielogodzinnym odbiorze sygnałów i analizie zarejestrowanych danych za pomocą odpowiedniego oprogramowania. Jest to analogiczna metoda jak fotografowanie gwiazd z bardzo długimi czasami otwarcia migawki.



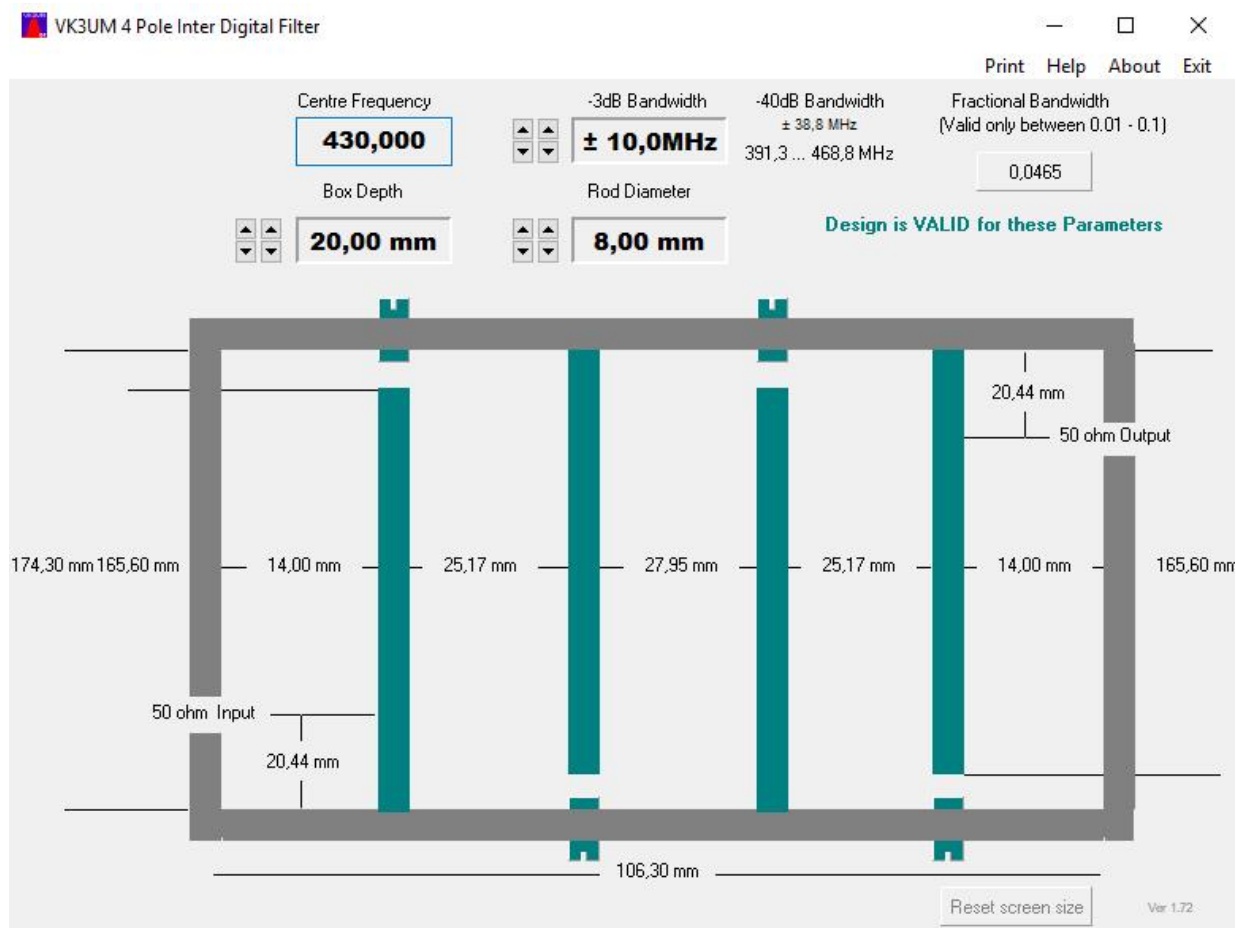
Rys. 9.4. U góry sygnał pulsara B0329+54 odległego od Ziemi o 3450 lat świetlnych, w dolnej części jego scyntyłacja w trakcie pięciogodzinnej sesji rejestracji w paśmie 23 cm

W przypadku stacji przystosowanych do łączności EME wystarczą tylko niewielkie dodatkowe inwestycje. Konieczny jest odbiornik programowalny (SDR) o możliwie szerokim paśmie i przestrajany filtr grzebieniowy pozwalający na eliminację silnych sygnałów leżących poza pasmem odbioru. Oczywiście niezbędny jest też niskoszumny wzmacniacz umieszczony bezpośrednio przy antenie. Maksimum promieniowania większości pulsarów leży zakresie około 400 MHz. Do ich odbioru należy wybrać podzakres o szerokości 2 – 10 MHz możliwie wolny od sygnałów zakłócających. Czułość systemu jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka z szerokości pasma, dlatego też pożądana jest jego możliwie duża szerokość. Przy użyciu amatorskich anten typu Yagi zakres odbioru nie może być zbyt oddalony od pasma 432 MHz z powodu ich wąskopasmowości. Anteny paraboliczne są pod tym względem znacznie mniej krytyczne. Poziom zakłóceń w paśmie 23 cm jest znacznie niższy, ale niższa jest też siła odbioru pulsarów.

Oprogramowanie odbiorcze musi wspomagać operatora w planowaniu obserwacji, sterować wielogodzinnymi nagraniami pulsarów i przeprowadzać analizę danych. OE5JFL otrzymał w tej dziedzinie znaczną pomoc od autorów odpowiednich programów – IW5BHY i I0NAA.

Dla najsilniejszych pulsarów, takich jak B0329+54 wystarczy nawet odbiór 20-sekundowy. W przypadku większości słabszych koniecznych było wiele sesji nagraniowych trwających po cztery godziny dla uzyskania pozytywnego wyniku. Podobnie jak w przypadku zwykłych łączności radiowych także i tych przypadkach można zaobserwować wahania siły odbioru (scyntyłacje) spowodowane obecnością materii międzygwiazdnej. Ich wpływ różni się dla każdego z obserwowanych obiektów i jest niemożliwy do przewidzenia.

W trakcie nagrania mierzona i rejestrowana jest w odstępach milisekundowych moc sygnału w całkowitym paśmie obserwacji. Moc odbieranego sygnału pulsara rośnie wraz z szerokością pasma przeniesienia odbiornika. Niestety rośnie też równocześnie prawdopodobieństwo odebrania sygnałów zakłócających. Odbierane sygnały wykazują pewną dyspersję, co oznacza, że czas ich wystąpienia jest zależny od częstotliwości. Całkowite pasmo przeniesienia jest więc dzielone na podzakresy w celu skompensowania tych różnic czasowych. Obliczenia wymagają odpowiednio wydajnego komputera.



Rys. 9.5. Konstrukcja filtra grzebieniowego. Grubość obudowy wynosi 20 mm, a średnica prętów 8 mm

W trakcie analizy wykorzystywana jest metoda kumulacji sygnału podzielonego na odcinki czasowe równe okresowi powtarzania impulsów pulsara. Dzięki kumulacji sygnału z kolejnych cykli jego poziom rośnie szybciej niżeli poziom sumowanych równocześnie szumów (mają one charakter przypadkowy podczas gdy sygnał użyteczny ma charakter okresowy) – stosunek sygnału do szumu rośnie aż do wydobycia go z szumów. Obliczenie okresu powtarzania impulsów wymaga znacznej precyzji. Na efektywną częstotliwość powtarzania zarejestrowanych impulsów wywierają wpływ efekt Dopplera wynikający z ruchu Ziemi oraz dryf lub niestabilności częstotliwości próbkowania układu odbiorczego. Wszelkie niedokładności w przewidywaniu okresu powtarzania sumowałyby się w wielogodzinnych nagraniach uniemożliwiając uzyskanie pozytywnego wyniku. Przykładowo dla impulsów o długości 9 ms wymagane są dokładności rzędu  $0,5 \times 10^{-6}$ .

Sygnały pulsarów różnią się między sobą nie tylko siłą ale także częstotliwością, długością impulsów, okresem powtarzania, rozproszeniem (zależnym od odległości) i kształtem impulsu.

Szczególnie interesującym obiektem jest pulsar B0531+21 w mgławicy Kraba. Powstał on w wyniku eksplozji supernowej w roku 1054. Supernowa była widoczna wówczas gołym okiem przez dwa lata. Częstotliwość powtarzania sygnału jest wysoka i wynosi 30 Hz, ale zmniejsza się o 1% co 25 lat, czyli o ponad  $10^{-6}$  dziennie. Jego odbiór jest stosunkowo trudny, a na dodatek w ciągu impulsów pojawiają się w nieregularnych odstępach czasu impulsy 1000 razy silniejsze od przeciętnych. Impulsy te można komputerowo odfiltrować od pozostałych.



Fot. 9.6. 23-elementowa antena Yagi ma zysk 18,6 dB, co odpowiada antenie parabolicznej o średnicy 2,6 m przy sprawności 50%

Fot. 9.7. Prosty sposób ustawiania elewacji

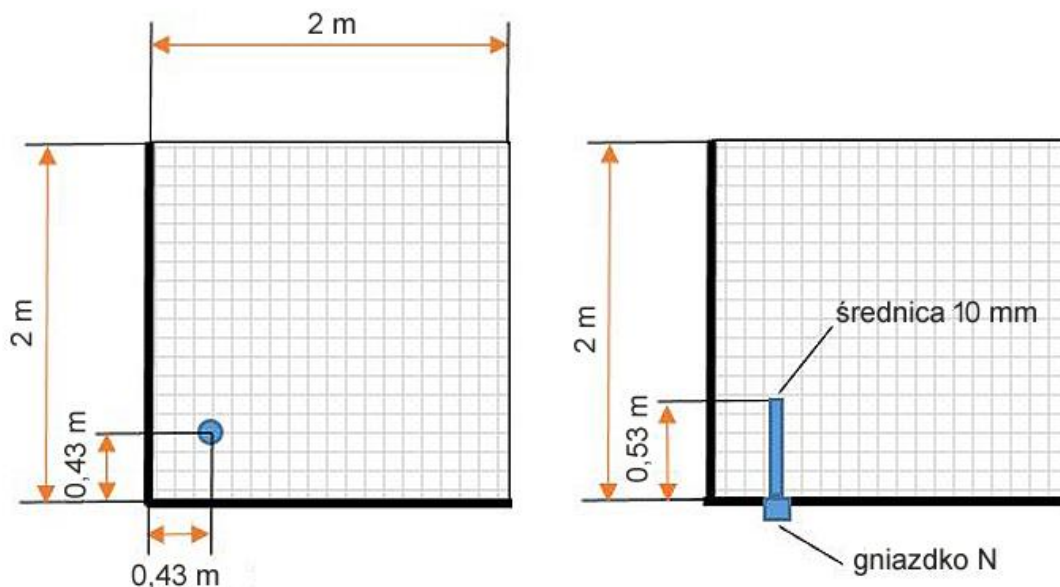


Fot. 9.8. Antena IW5BHY

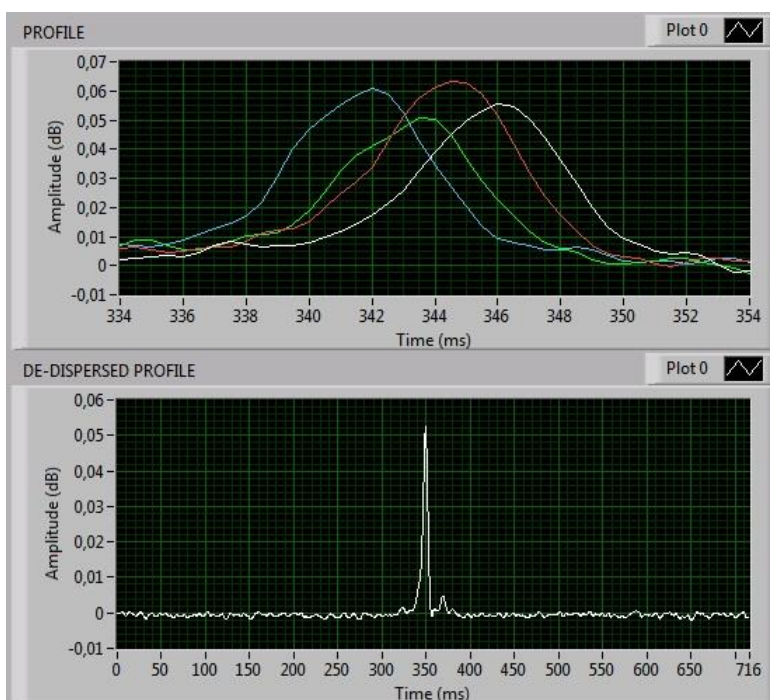
Antena o średnicy 7,3 m daje zapewne wprawdzie odbiór znacznej liczby pulsarów, ale niektóre najsilniejsze z nich można odebrać przy użyciu znacznie prostszych anten. Do odbioru pulsara B0329+54 OE5JFL użył 23-elementowej anteny na częstotliwość 430 MHz, o dobrym tłumieniu sygnałów docierających od tyłu i o zminimalizowanych listkach bocznych. Wielokrotnie przeprowadzone czterogodzinne sesje nagraniowe – przy szerokości pasma 2 MHz – każdorazowo kończyły się sukcesem (dla



słabiej odbieranych pulsarów konieczna jest większa szerokość pasma). Pulsar ten ma częstotliwość powtarzania impulsów 1,4 Hz, czas trwania impulsu 6 ms, a docierający do Ziemi strumień promieniowania wykazuje intensywność 1,5 mJy (milijansky). Użyty sprzęt musi zapewnić odbiór szumów słonecznych z poziomem przekraczającym 6 dB przy strumieniu słonecznym SFI = 70.



Rys. 9.9. Wymiary anteny IW5BHY



Rys. 9.10. Skutki dyspersji przy odbiorze pulsara B0329+54 na częstotliwości 424 MHz. Pasma 2 MHz zostało podzielone na cztery podzakresy o szerokościach po 500 kHz. Na górnym wykresie widoczne są rozciągnięte impulsy odebrane w każdym z tych podzakresów. Przesunięcie linii niebieskiej w stosunku do białej wynosi 4 ms, a różnica częstotliwości między nimi 1,5 MHz. Typowa dyspersja wynosi około 2,9 ms/MHz dla tego pulsara i częstotliwości 420 MHz. Na wykresie dolnym widoczny jest wyraźny impuls uzyskany po usunięciu dyspersji

- [9.1] „Pulsare – Leuchttürme im All’, Hasnnes Fasching, OE5JFL, „QSP” 4/2019, str. 18
- [9.2] „Messung eines Pulsars mit Amateurmitteln”, Thomas Rapp, DD2RT, „UKW Berichte”, 3/2018, str. 131
- [9.3] <https://qsl.net/oe5jfl/pulsar/pulsar.htm> – informacje o odbiorze sygnałów pochodzących od pulsarów
- [9.4] [iw5bhy.altervista.org](http://iw5bhy.altervista.org) – witryna IW5BHY
- [9.5] <http://i0naa.altervista.org/index.php/downloads/summary/2-downloads/9-murmur-7-1-0> – program Murmur

## 10. Zjawisko polarnego łuku świetlnego

Odkryte w 1956 roku zjawisko polarnego łuku świetlnego bywa jeszcze obecnie często mylone z zorzą polarną. Odróżnia się od niej jednak kolorem i siłą świecenia a także szerszym obszarem występowania.

Zjawisko polarnego łuku świetlnego (ang. *Stable Auroral Red Arc* – SAR, niem. *Polarlichtbogen*) jest wprawdzie z wyglądu częściowo podobne do zorzy polarnej, różni się jednak od niej mechanizmem powstawania. Zjawisko świetlne ma postać czerwonego łuku na niebie (fot. 10.1) i występuje w 10 – 12% nocy w ciągu roku. Monochromatyczne promieniowanie świetlne o długości fali około 630 nm powstaje w wyniku rekombinacji zjonizowanego atomowego tlenu w górnych warstwach atmosfery. Mechanizm jonizacji nie jest jeszcze dokładnie zbadany. Być może odgrywają tu rolę prądy płynące pierścieniowo w magnetosferze na wysokości 3 – 4 promieni ziemskich. Linie ziemskiego pola magnetycznego przecinają płaszczyznę pierścienia na szerokościach geomagnetycznych 50 – 60 stopni w rejonach o niskiej gęstości elektronów i temperaturach około 2000 stopni Kelvina. Według różnych hipotez prądy pierścieniowe oddziałują termicznie na atomy tlenu, albo przez przekazywanie energii kinetycznej protonów, albo też bezpośrednio wstrzykiwanie elektronów o wysokiej energii do obszaru jonizacji. Niewyjaśnione są także sprawy ruchu łuków i składu widmowego światła.

Przeważnie siła światła jest na tyle niska, że jest ono prawie niewidoczne gołym okiem – 20 – 50 razy słabsza niż dla zorzy polarnej. Można je jednak sfotografować stosując odpowiedni filtr. Czasami daje się ono jednak zaobserwować, nawet na szerokościach geograficznych środka Europy (40 – 50 stopni). Wbrew nazwie nie jest to jednak zjawisko stabilne. Jasność łuku rośnie przy silniejszej aktywności Słońca. Z długookresowych obserwacji wynika, że zjawisko polarnego łuku świetlnego występuje kilkakrotnie częściej w miesiącach październik – kwiecień aniżeli w pozostałym czasie.

Niestety czasami może ono być mylone z zorzą polarną i w ten sposób budzić płonne nadzieje krótkofalowców na łączności zorzowe.



Fot. 10.1 Łuk polarny (fot. Matti Helin, Internet)

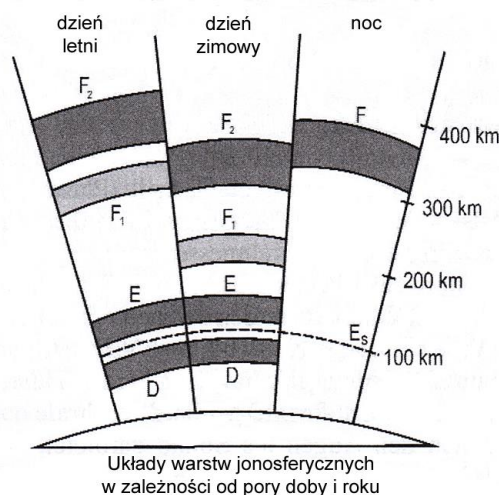
[10.1] „A stable auroral red arc over Europe”, M. Mendillo, C. Barbieri, J. Baumgardner, J. Wroten, G. Cremonese, G. Umbriaco, *Astronomy&Geophysics*, tom 53, 2/2021, str. 1.16–1.18, <https://doi.org/10.1111/j.1468-4004.2012.53116.x>

## 11. Fale radiowe w jonosferze

Rozważając rolę jonosfery w propagacji fal radiowych używamy najczęściej skrótu myślowego mówiącego o odbiciu fal od jednej z jej warstw, względnie o ich tłumieniu. W rzeczywistości fale nie ulegają odbiciu jak od zwierciadła, a ugięciu i raczej ich powtórnemu wypromieniowaniu. Na dodatek pod wpływem pola geomagnetycznego fale o polaryzacji liniowej ulegają rozszczepieniu na dwie składowe kołowe – promienie zwyczajny i nadzwyczajny. Każdy z nich rozchodzi się w jonosferze trochę inaczej, ma inną częstotliwość graniczną MUF i po opuszczeniu jonosfery udaje się w swoją stronę. Sprawa zaczyna być skomplikowana ale i fascynująca...

Pojęcie warstwy jonosferycznej jest związane ze rozkładem gęstości jonizacji w zależności od wysokości. Jeśli ze wzrostem wysokości gęstość jonizacji najpierw rośnie, a później maleje, oznacza to istnienie warstwy jonosferycznej. Utworzenie się w jonosferze warstw jest związane ze zmianą ciśnienia z wysokością (wraz z ciśnieniem zmienia się zdolność absorpcji promieniowania), z różnymi czynnikami jonizującymi i ze zmianą składu chemicznego atmosfery z wysokością. Elektrony lub cząstki o stosunkowo małej prędkości jonizują głównie najwyższe warstwy jonosfery, a cięższe lub szybkie w większości przenikają przez bardzo rozrzedzone warstwy wyższe i docierają do gęstszych leżących niżej. Podobnie przenikliwość przez atmosferę promieniowania elektromagnetycznego jest uzależniona od długości fali. W jonosferze można wyróżnić kilka warstw, w których gęstość jonizacji osiąga maksimum lub słabe maksimum lokalne. Dla propagacji fal radiowych znaczenie mają warstwy D, E i F (rozdzielająca się na F1 i F2 w warunkach silnego napromieniowania). Istniejąca poniżej słaba warstwa C, której źródłem jonizacji jest promieniowanie kosmiczne i leżąca powyżej nich warstwa G nie mają żadnego wpływu na rozchodzenie się fal elektromagnetycznych.

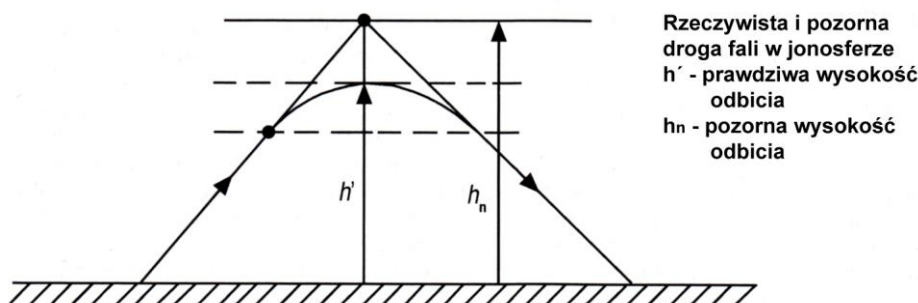
Warstwy jonosferyczne mają zdolność załamania i odbijania fal radiowych. Własności te są zależne od warunków panujących w danej warstwie oraz od długości fali. Fizyczną przyczyną załamania fal w jonosferze jest zmiana gęstości jonizacji z wysokością. Fale radiowe ulegają również tłumieniu w jonosferze.



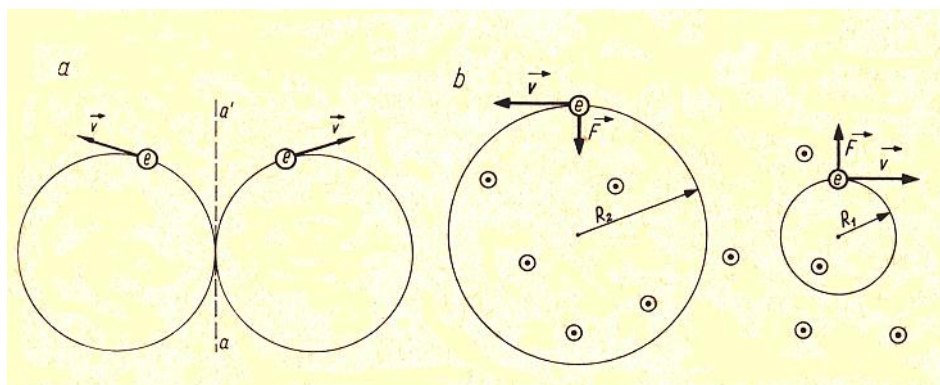
Rys. 11.1. Warstwy jonosferyczne w różnych porach dnia i roku

Fala wnikająca do warstwy ulega ciągłemu (płynnemu) załamaniu, a przy dostatecznej grubości warstwy przebiega w szczytowej części trasy równoległe do powierzchni ziemi, po czym wraca w jej kierunku. Trójkąt zakreślony przez promienie fali padającej i odbitej ma więc wierzchołek spłaszczony i zaokrąglony. Przedłużając w myśli oba promienie aż do ich styku otrzymuje się pozorną wysokość odbicia. Pozorną wysokość odbicia można obliczyć również na podstawie czasu propagacji fali między nadajnikiem i odbiornikiem. Częstotliwość graniczna każdej z warstw jest zależna od stopnia jej jonizacji i od kąta padania fali. W przypadku szczególnym dla kąta prostokątnego nosi ona nazwę częstotliwości krytycznej. Częstotliwości graniczne dla fali promieniowanej w kierunku poziomym są 3 – 4 razy wyższe od częstotliwości krytycznej dla danej warstwy.

Przedstawiony skrótowo model propagacji fal elektromagnetycznych w jonosferze dominuje w literaturze krótkofalarskiej i jest z dużym przybliżeniem wystarczająco dobry. Nie uwzględnia on jednak wpływu ziemskiego pola magnetycznego. Powoduje ono rozszczepienie promienia biegnącego w jonosferze na dwa: promień zwyczajny i promień nadzwyczajny. Bez jego wpływu jonosfera byłaby ośrodkiem izotropowym. Izotropowość materiału oznacza brak różnic w jego właściwościach fizycznych niezależnie od kierunku, w jakim są mierzone.



Rys. 11.2. Tor fali odbijanej w jonosferze



Rys. 11.3. 3. a – rozkład ruchu harmonicznego liniowego (wzdłuż kierunku  $aa'$ ) na dwa ruchy kołowe o przeciwnych kierunkach obiegu po kole; b – tory elektronów pobudzonych do drgań przez składowe kołowe w obecności pola magnetycznego (pole prostopadłe do płaszczyzny rysunku)

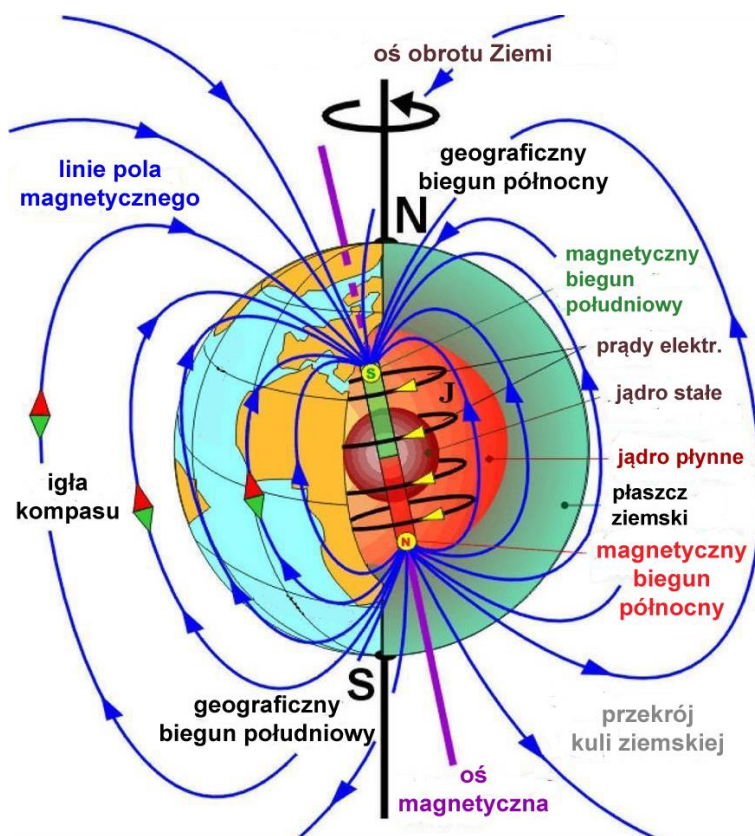
Przy rozchodzeniu się fali w zjonizowanym gazie wolne elektrony gazu są pobudzane do drgań synchronicznych z częstotliwością fali. Gdyby nie było pola ziemskiego tory tych elektronów byłyby liniami prostymi o kierunku wektora pola elektrycznego fali. Ziemskie pole magnetyczne powoduje jednak odchylenie torów elektronów od linii prostej, tak że przyjmuje on ostatecznie kształt spiralny wokół linii sił pola magnetycznego. Oddziaływanie pola geomagnetycznego powoduje, że jonosfera jest ośrodkiem anizotropowym, co oznacza, że jego właściwości, w tym także prędkość rozchodzenia się fali zależą od kierunku. W ośrodkach izotropowych są one od niego niezależne.

Rozchodzącą się w jonosferze falę o polaryzacji liniowej można uważać za złożoną z dwóch składowych o polaryzacji kołowej i o przeciwnym kierunku obrotu chwilowej płaszczyzny polaryzacji. Również wymuszone przez pole elektryczne fali prostoliniowe drgania harmoniczne elektronów można uważać za wypadkową dwóch ruchów kołowych, po kołach o równej średnicy i z jednostajną prędkością liniową. Oddziaływanie pola geomagnetycznego powoduje zwiększenie promienia jednego z tych ruchów kołowych i zmniejszenie drugiego.

Na rysunku 11.3 widoczne są kierunki sił pola magnetycznego skierowanego prostopadłe do kierunku ruchu elektronów (na rys. 11.3b są one zaznaczone kółkami z kropkami czyli wychodzą z płaszczyzny rysunku do patrzącego). W przykładzie tym dla ruchu lewoskrętnego siła oddziaływania pola magnetycznego jest skierowana promieniowo w kierunku dośrodkowym, a dla ruchu prawoskrętnego – w kierunku odśrodkowym. W razie odwrócenia kierunku pola magnetycznego również i kierunki sił byłyby odwrotne. W przedstawionym przypadku dla ruchu prawoskrętnego siła dośrodkowa ruchu kołowego ulega zmniejszeniu wskutek oddziaływania pola, czyli równowaga ustala się dla obiegu

elektronu po kole o mniejszym promieniu ( $R_1$  na rys. 11.3b), a dla ruchu lewoskrętnego siła dośrodkowa ulega zwiększeniu, a więc stan równowagi istnieje gdy elektron porusza się po torze o większym promieniu ( $R_2$  na rysunku).

Ponieważ ruch kołowy lewoskrętny elektronów wywołany przez lewoskrętną składową pola elektrycznego fali, więc zwiększenie promienia, po którym krążą elektrony prowadzi do zwiększonego oddziaływania drgań elektronów na tę składową. Odwrotnie w przykładzie z rysunku 11.3 dla składowej prawoskrętnej oddziaływanie pola jest zmniejszone. Oznacza to, że własności jonosfery są odmienne dla składowych lewoskrętnej i prawoskrętnej. Wartość zastępcza stałej dielektrycznej dla składowej, dla której promień ruchu elektronów ulega zmniejszeniu jest mniejsza niż dla drugiej z nich (mówimy więc o dwójłomności jonosfery; ang. *birefringence*). Oznacza to, że obie składowe rozchodzą się z różnymi prędkościami, są załamywane pod różnymi kątami i mają odmienne częstotliwości krytyczne. Promień, dla którego średnica kół, po których krążą elektrony ulega zmniejszeniu nosi nazwę promienia zwyczajnego (ang. *o-wave*, niem. *ordentlicher Strahl*), a drugi – promienia nadzwyczajnego (ang. *x-wave*, niem. *ausserordentlicher Strahl*). Prędkość grupowa promienia zwyczajnego jest większa od prędkości grupowej promienia nadzwyczajnego. Promień nadzwyczajny podlega w jonosferze zwiększonemu tłumieniu. W naszych szerokościach geograficznych można przyjąć, że linie pola geomagnetycznego są w przybliżeniu prostopadłe do powierzchni ziemi (rys. 11.4) dzięki stosunkowej bliskości bieguna magnetycznego i są skierowane do wnętrza ziemi. Wobec tego dla promienia wysłanego prostopadłe do powierzchni Ziemi promień zwyczajny jest spolaryzowany lewoskrętnie, a nadzwyczajny prawoskrętnie. Na półkuli południowej jest odwrotnie co wynika z przeciwnego kierunku linii sił pola geomagnetycznego w stosunku do powierzchni Ziemi.



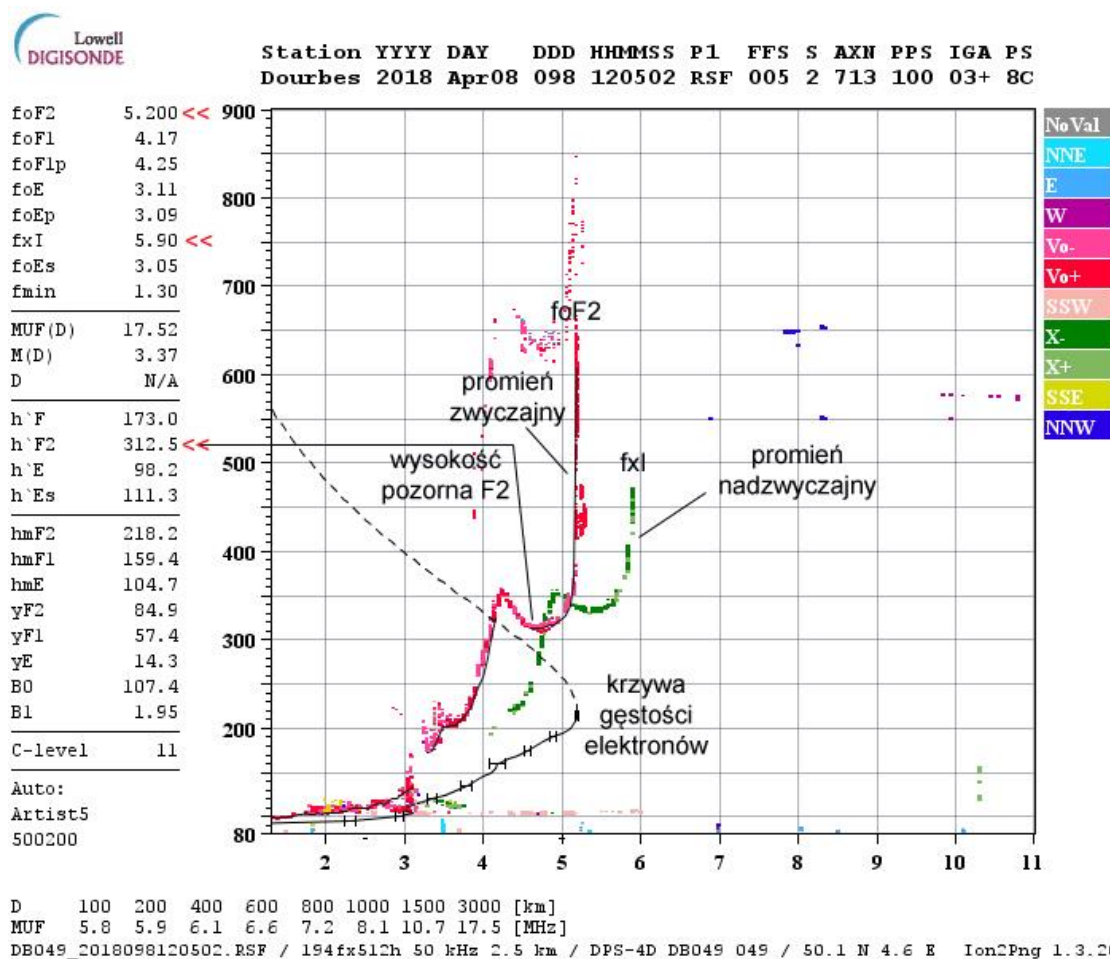
Rys. 11.4. Ziemskie pole magnetyczne

Promień zwyczajny odbija się od jonosfery na większej wysokości niżeli promień nadzwyczajny, gdyż zastępcza stała dielektryczna jest mniejsza dla promienia zwyczajnego. Istnieje więc pewien zakres częstotliwości, dla których jonosfera odbija jeszcze promień nadzwyczajny, a promień zwyczajny już przez nią przenika (rys. 11.5 i 11.6). Inaczej mówiąc wartość MUF jest wyższa dla promienia nadzwyczajnego.

Gdy odbiciu od jonosfery podlegają oba promienie, fala powracająca ku powierzchni Ziemi jest spolaryzowana eliptycznie ponieważ stopnie tłumienia, a co za tym idzie amplitudy obu promieni są różne.

Dla fali nadawanej pionowo na półkuli północnej fala odbita jest spolaryzowana lewoskrętnie, a na półkuli południowej – prawoskrętnie.

Przy interferencji promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego w miejscu odbioru mogą powstawać zaniki polaryzacyjne. Jest to efekt występujący dodatkowo do zaników interferencyjnych spowodowanych odbiorem wielodroźnym i zaników absorbcyjnych spowodowanych wahaniami tłumienia fali w jonosferze.



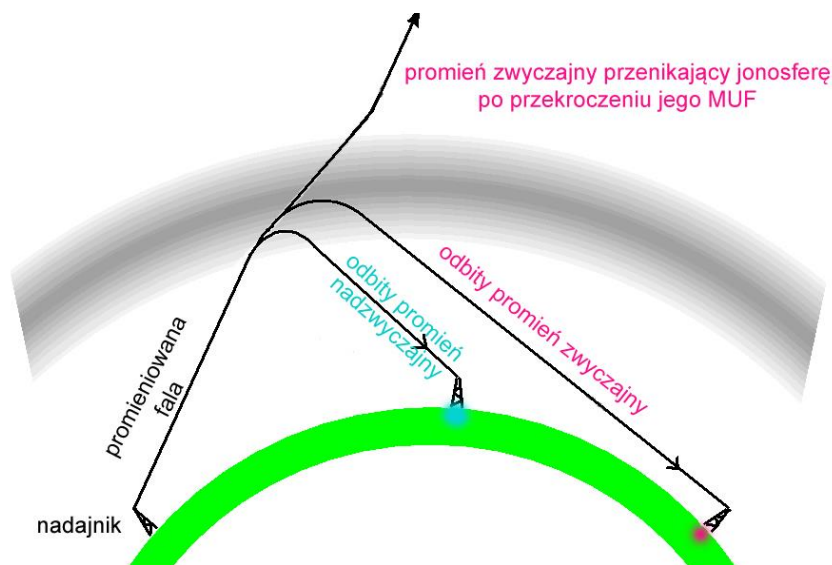
Rys. 11.5. Jonogram. W zakresie 5,2 – 5,9 MHz odbijany jest tylko promień nadzwyczajny.

Częstotliwość krytyczna dla promienia zwyczajnego jest podawana w linii foF2, a dla promienia nadzwyczajnego – w linii fxF1. W liniach foF1, foE, foEs podane są częstotliwości krytyczne promienia zwyczajnego dla pozostałych warstw, a w liniach rozpoczynających się od h' – ich wysokości pozorne

Konsekwencją rozszczepienia fali na oba promienie są utrata odwracalności trasy jonosferycznej, odchyłka trasy propagacji fali od wielkiego koła (ortodromy) w szczególności w rejonach bliskich biegunowi magnetycznemu, różnice tras rozchodzenia obu promieni co daje w efekcie różne (pokrywające się w mniejszym lub większym stopniu) obszary odbioru fali i zmianę polaryzacji odbieranej fali z liniowej na eliptyczną. Na półkuli północnej trasa promienia zwyczajnego odchyła się od ortodromy w kierunku bieguna magnetycznego, a promienia nadzwyczajnego – w kierunku równika magnetycznego Ziemi (rys. 11.7). Różnice tras obu promieni są szczególnie wyraźne w rejonach podbiegunowych, ale w rzeczywistości występują wszędzie, tylko w coraz słabszym stopniu w miarę oddalania się od biegunów. Są one zerowe tylko dla fal rozchodzących się wzdłuż równika magnetycznego.

Różnice tras przebywanych przez każdy z promieni powodują, że rejony ich odbioru mogą się pokrywać ze sobą tylko częściowo lub nie pokrywać w ogóle. Podobnie ma się sprawa z promieniami fali nadawanej przez odległą stację. Jak sobie łatwo wyobrazić sytuacja kiedy jedna ze stacji znajduje się w obszarze odbioru któregoś z promieni fali stacji drugiej, ale do tej drugiej nie dociera żaden z promieni, na które jest rozszczepiona fala stacji pierwszej – czyli, że oba promienie omijają ją w jakimś stopniu – jest zjawiskiem powszechnym, a nie wyjątkowym. Różnice tras propagacji obydwu

promieni oznaczają również, że ustawianie anteny kierunkowej na najlepszy odbiór odległej stacji w oczekiwaniu, że i u niej poprawi się siła odbioru naszej stacji może w niektórych warunkach dać skutki odwrotne od spodziewanych. Najlepsze efekty można uzyskać wówczas stosując niezależnie ustawiane anteny odbiorczą i nadawczą, ale jest to w przeważającej części przypadków niemożliwe ze względów praktycznych. Korzystne mogłoby być również zastosowanie anten o polaryzacji kołowej i przełączanym kierunku polaryzacji (lewo- i prawoskrętnej) przynajmniej jako anteny odbiorcze. Pozwoliłoby to na świadome skorzystanie z fali dającej lepszy odbiór w konkretnej sytuacji, jak również na prowadzenie obserwacji i porównań propagacji obu promieni. Przy doborze pasującej polaryzacji kołowej możliwy zysk w stosunku do liniowej wynosi 3 dB. W praktyce, ze względu na wymiary anten jest to jednak możliwe tylko u niewielkiej części operatorów. Zdecydowana większość, jeżeli nie nawet wszyscy operatorzy stacji korzystają na falach krótkich z anten o polaryzacji liniowej, co przy odbiorze fali spolaryzowanej w sumie w sposób przypadkowy daje zawsze pewne straty polaryzacyjne, a nie dając możliwości odróżnienia odbioru promienia zwyczajnego od nadzwyczajnego w jakiś sposób maskuje całą związaną z tym problematykę i utrudnia przyjęcie do wiadomości również faktu występowania propagacji jednokierunkowej. Oczywiście anteny takie (i klasyczne podejście twierdzące, że polaryzacja fali jest w tym zakresie nieistotna) są w pełni wystarczające i autor nie namawia nikogo do ich zmiany na spolaryzowane kołowo, o ile nie wiąże się to ze szczególnym zainteresowaniem omawianymi zjawiskami i związanymi z nimi eksperymentami.



Rys. 11.6. Różnica zasięgów promienia zwyczajnego i nadzwyczajnego. Po przekroczeniu wartości MUF dla promienia zwyczajnego przenika on przez jonosferę podczas gdy promień nadzwyczajny może być jeszcze odbijany

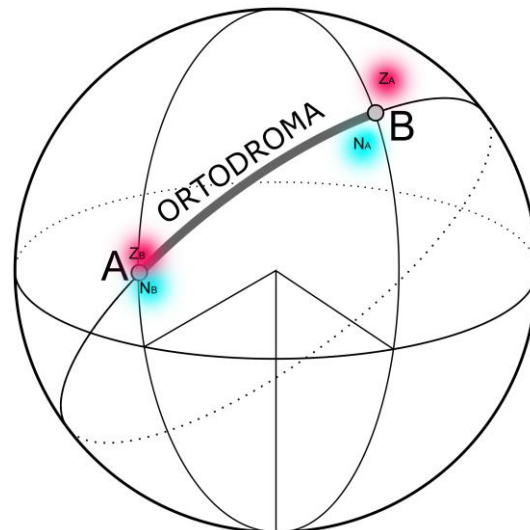
Rzucane niejednokrotnie oskarżenia stacji XX o świadome zakłócanie łączności stacji YY opierają się najczęściej na niezrozumieniu istoty tego zjawiska propagacji jednokierunkowej. Jeżeli stacje YY odbierają wprawdzie stacje XX, ale nie odwrotnie, nie można w żadnym wypadku mówić o świadomym zakłócaniu, a jedynie o zjawisku fizycznym, którego nie można oceniać w kategoriach winy. Pozostałe przyczyny jednostronnej słyszalności takie jak różnice mocy stacji, zysków antenowych, kierunków promieniowania anten są natury prozaicznej i nie będziemy ich tutaj omawiać.

Różnice w propagacji obydwu promieni są minimalne w pobliżu górnej granicy fal krótkich, a znacznie bardziej zauważalne w dolnych pasmach, gdzie też częściej występuje propagacja jednokierunkowa.

W większości prognoz propagacyjnych uwzględniany jest tylko promień zwyczajny.

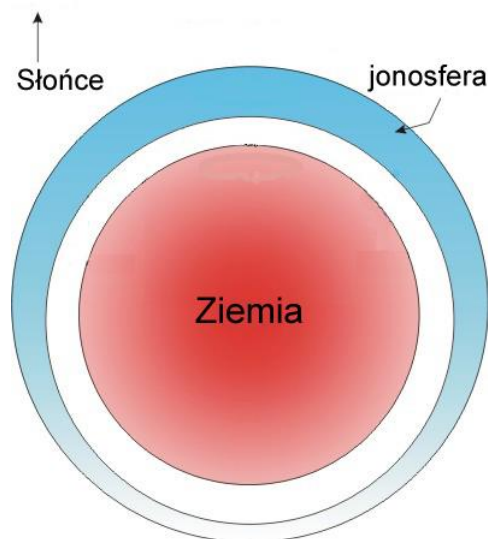
Jedyną sytuacją, w której można na pewno oczekiwać odbioru obu promieni w tym samym rejonie jest odbiór fali promieniowanej prawie pionowo do jonosfery (ang. NVIS). Różnica wysokości ich odbicia powoduje występowanie echa, które jednak może być zauważalne lub też nie.





Rys. 11.7. Zasada występowania odbioru jednokierunkowego. Kolorem zielonym zaznaczone są, bez zachowania skali, obszary odbioru promienia zwyczajnego, a czerwonym – nadzwyczajnego, odpowiednio pochodzących od stacji A i B. Odchyłki tras propagacji od ortodromy są większe w rejonie stacji B i dodatkowo różnica wysokości odbicia powoduje rozsuniecie się tych obszarów. Jeżeli w rejonie stacji A zjawisko to jest słabsze to stacja A odbiera stację B, ale nie odwrotnie

Fale o polaryzacji kołowej, niezależnie od tego czy będzie się ona pokrywała z polaryzacją promienia zwyczajnego czy nadzwyczajnego nie ulegają dalszemu rozszczepieniu w jonosferze i docierają do odbiornika również jako spolaryzowane kołowo.



Rys. 11.8. Jonosfera nie jest kulą

[11.1] „Podstawy radiokomunikacji”, Stefan Hahn, WKŁ, Warszawa 1964

[11.2] „Propagation and radio science”, Eric P. Nichols, KL7AJ, ARRL 2015, ISBN 978-1-62595-027-

7

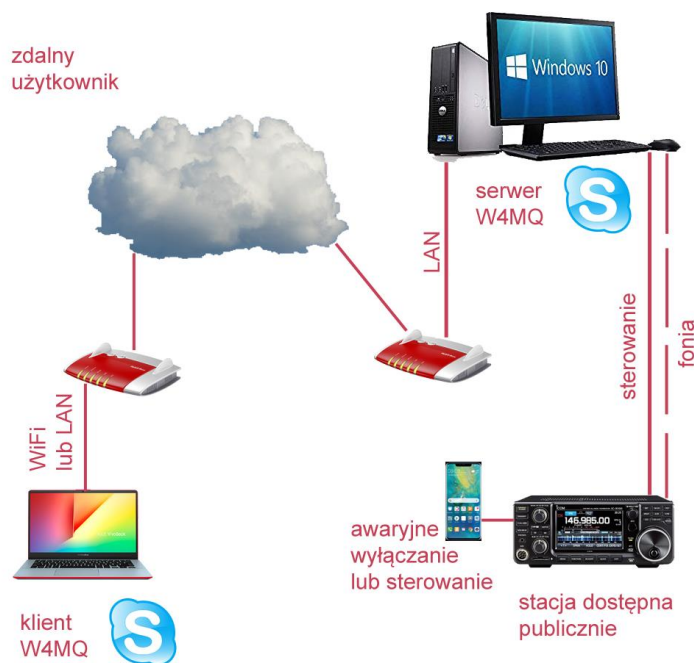
[11.3] [digisonde.oma.be/latestFrames.htm](http://digisonde.oma.be/latestFrames.htm) – bieżące jonogramy

## 12. Zdalnie sterowane radiostacje

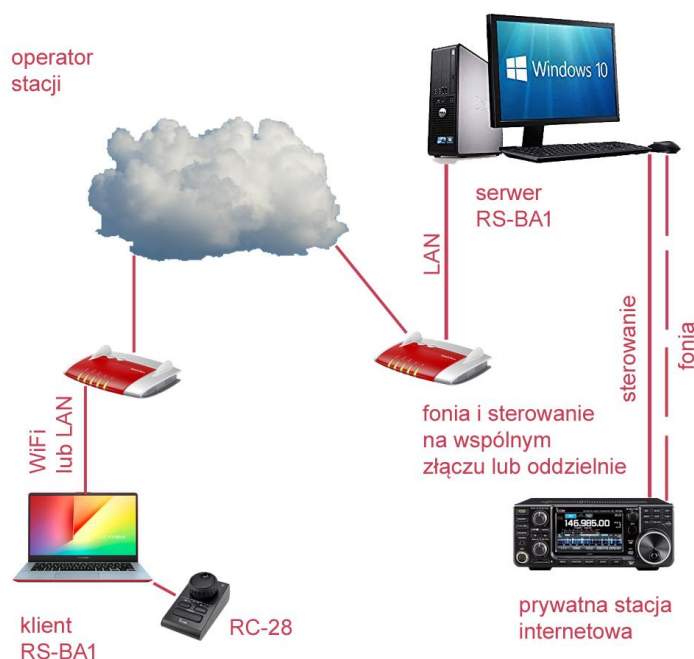
Zdalne korzystanie z radiostacji przez Internet jest atrakcyjnym rozwiązaniem dla wszystkich nie mających możliwości zainstalowania skuteczniejszych anten, korzystania z większych mocy albo pragnących uniknąć wysokiego poziomu zakłóceń w swoim otoczeniu, narażonych na nieprzyjemne reakcje sąsiadów, albo też nie mających jeszcze własnego wyposażenia czy lubiących zwyczajnie eksperymentować. Rozróżniamy tutaj dwie zasadnicze sytuacje: korzystanie z radiostacji publicznych dostępnych dla szerszego (ale jednak ograniczonego) grona użytkowników i radiostacji prywatnych przeznaczonych dla ich właścicieli albo niewielkiej liczby współników. Przed uruchomieniem stacji dostępnej internetowo konieczne jest znalezienie dla niej dogodnej (radiowo, internetowo, antenowo, sąsiedzko...) lokalizacji.

Zdalne korzystanie z radiostacji wymaga uruchomienia dwóch zasadniczych kanałów komunikacyjnych pomiędzy użytkownikiem i radiostacją dostępną w sieci. Jednym z nich jest kanał zdalnego sterowania, a drugim kanał foniczny zapewniający transmisję dźwięku do i od radiostacji. W zależności od rodzaju oprogramowania obie te funkcje może zapewniać ten sam program, albo konieczne jest uruchomienie dodatkowego, często jest to łącze skypeowe.

Niezależnie od tego rozwiązanie takie można traktować jak przedłużenie ręki i kabli mikrofonowo-głośnikowych przez Internet. Praca odbywa się identycznie jak gdyby operator siedział bezpośrednio przy stacji. Jest on tak samo odpowiedzialny za swoje działania, podaje swój znak wywoławczy, informując jedynie co pewien czas w trakcie rozmowy o korzystaniu ze stacji internetowej i jej znaku (dla stacji publicznych). Jako QTH podawana jest lokalizacja stacji, a w zależności od niej i obowiązujących przepisów znak operatora musi być łamany przez numer okręgu. W przypadku korzystania ze stacji znajdującej się za granicą konieczne jest posiadanie licencji ważnej w kraju, w którym się ona znajduje. W przypadku licencji CEPT, albo kraju z którym podpisano innego rodzaju umowę o wzajemnym uznawaniu licencji sprawa jest prosta. W pozostałych przypadkach konieczne jest posiadanie licencji obowiązującej w kraju, w którym znajduje się zdalnie obsługiwana stacja. Jest to więc sytuacja przeciwna niż w przypadku przemienników D-Starowych albo echolinkowych gdzie konieczne jest posiadanie licencji ważnej w kraju zamieszkania lub pobytu operatora, ale nie musi ona być ważna w miejscu lokalizacji przemiennika.



Rys. 12.1. Schemat blokowy publicznej stacji internetowej z oprogramowaniem W4MQ i Skypem do transmisji dźwięku



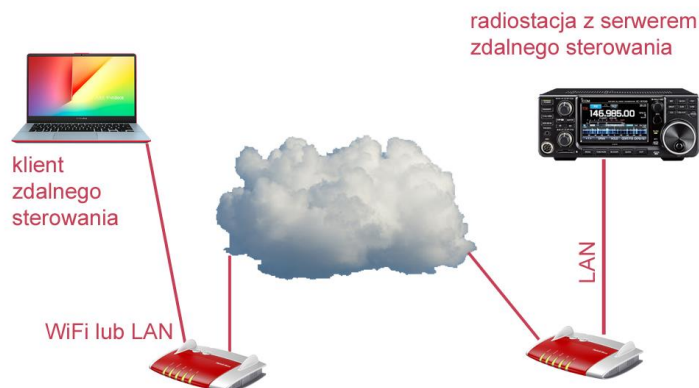
Rys. 12.2. Prywatna stacja internetowa. Przykład z oprogramowaniem Icoma, dla modeli innych producentów używane jest ich oprogramowanie serwera i klienta. Powszechnie znane programy sterujące jak Ham Radio Deluxe, TRX Manager obsługują również duży wybór modeli radiostacji, ale konieczne jest zainstalowanie programu do transmisji dźwięku (Skype itp.)

W związku z tym, że Internet stanowi tylko przedłużoną rękę i ucho zasadniczo organy wydające licencję nie zabraniają korzystania z takiego rozwiązania, chociaż nie znaczy to, że jest ono wszędzie dozwolone. Żadnych problemów prawnych nie powinno pociągać za sobą korzystanie z dowolnego miejsca na Ziemi (gdzie dostępny jest Internet) ze stacji zlokalizowanej we własnym kraju. Przy większych odległościach od stacji problemem może okazać się natomioast opóźnienie w transmisji sygnałów przez Internet hamujące płynność rozmowy i utrudniające dojście do głosu w kółeczkach albo w tłoku w zawodach. W łącznościach emisjami cyfrowymi jest ono mniej dokuczliwe. W zależności od wyposażenia stacja zdalnie dostępna może pozwalać nie tylko na pracę fonią i telegrafią ale również przynajmniej niektórymi emisjami cyfrowymi. Użytkownicy powinni korzystać jedynie z zakresów (i ewentualnie mocy nadawania, rodzajów emisji) zgodnych z ich licencją nawet jeśli wyposażenie zdalnej stacji pozwala na więcej. Praca przez stację zagraniczną wymaga dodatkowo zapoznania się z obowiązującymi tam granicami pasm i ograniczeniami mocy.

Dla zorientowania się czy i na jakich warunkach stacje zdalne są dopuszczone w zawodach konieczne jest zapoznanie się z ich regulaminami. Często spotykany jest w nich wymóg, aby całość wyposażenia (radiostacje, anteny itd.) znajdowała się co najwyżej w ustalonej odległości od siebie i od podanej przez operatora lokalizacji. Pozwala to na korzystanie ze stacji przez Internet, ale z ograniczeniem do jednej wybranej, gdyż w praktyce każda inna znajduje się w odległości większej niż tych dopuszczalnych kilkadziesiąt metrów (lub niewiele więcej). Uczestnicy nie mogą się więc przetrzucać z jednej zdalnej stacji na inne w zależności od potrzeb i warunków propagacji (dawałoby to im nieuzasadnione korzyści w stosunku do wszystkich innych nie mających takich możliwości – a przecież liczba stacji zdalnie sterowanych jest bardzo ograniczona). Innym wymogiem, spotykanym również w regulaminach dyplomów, jest konieczność ograniczenia się do korzystania ze stacji zlokalizowanych tylko w kraju zamieszkania.

Publicznie dostępne stacje są uruchamiane najczęściej przez kluby albo lokalne oddziały związków krótkofalowców i może z nich korzystać ściśle określona grupa nadawców – członków klubu albo związku krótkofalowców i to dopiero po uprzednim (jednorazowym) zameldowaniu u osób odpowiedzialnych i po otrzymaniu danych dostępowych. Ułatwia to zidentyfikowanie osób odpowiedzialnych za przekroczenia przepisów albo za spowodowanie uszkodzeń (drogiego przeważnie) sprzętu. Jednorazowy czas dostępu jest ograniczony, a po jego upływie konieczne jest rozłączenie się (ewentualnie

bywa ono wymuszane) dla dopuszczenia do stacji innych zainteresowanych. W przypadku, gdy akurat nie ma innych oczekujących osób można połączyć się ponownie. Czas ten jest przeważnie za krótki dla uczestnictwa w zawodach, ale ewentualnie można tą sprawę uregulować z odpowiedzialnym operatorem zdalnej stacji. Oprócz stacji klubowych uruchamiane są także stacje dostępne na zasadach komercyjnych – np. po opłaceniu pewnej składki rocznej.

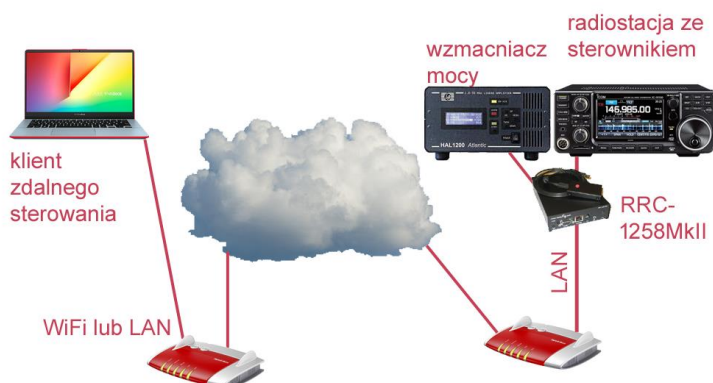


Rys. 12.3. Prywatna stacja internetowa z radiostacją wyposażoną w oprogramowanie serwera. Dzięki temu niepotrzebny jest komputer po jej stronie

Stacje indywidualne są najczęściej instalowane w korzystnym miejscu u kogoś z rodziny, na działkach, w letnich domkach itp. Możliwe jest też uruchomienie stacji wspólnej umieszczonej u tego ze współników-krótkofalowców, który dysponuje najkorzystniejszymi warunkami do tego celu. Zasady korzystania ustalają wówczas między sobą sami współnicy, a oprogramowanie nie musi zapewniać takich funkcji administracyjnych jak dla stacji publicznej. Użytkownicy stacji dostępnych dla jednej czy dwóch osób mogą zamiast ich obsługi przez komputer korzystać także z połączonych przez sieć paneli sterowania (o ile są one dostępne dla danego modelu radiostacji) co zapewnia większą wygodę. Zdalnie obsługiwana stacja (rys. 12.1) składa się najczęściej z wyposażenia radiowego (radiostacji, anten, przełączników, układów dopasowujących) i połączonego z nią komputera. Na komputerze pracuje serwer programu sterującego oraz dodatkowy program zapewniający transmisję głosu w obie strony, może być to przykładowo serwer *Skypa*. Komputer ten jest połączony też z modemem internetowym (punktem dostępowym do Internetu). Przeważnie odbywa się to za pomocą kabla ethernetowego (LAN). Jeżeli stacja nie dysponuje statycznym adresem IP konieczne jest skorzystanie z takich usług jak *dyndns*, *no-ip* itp. dla niezależnienia się od ciągłych zmian adresu IP. Operatorzy internetowi przeważnie przerywają połączenia z użytkownikami co pewen czas (raz na dobę itp.) i po ich wznowieniu przyznają inne niż dotąd adresy IP. Dzięki wymienionym usługom stacje są dostępne z zewnątrz pod stałymi nazwami pomimo zmian adresów IP. Skorzystanie z usługi wymaga oprócz zameldowania także włączenia odpowiednich funkcji w modemie dostępowym (szczegóły zawiera jego instrukcja). Część z wymienionych usług jest bezpłatna. Dodatkowym wyposażeniem stacji pozwalającym na kontrolę jej prawidłowej pracy może być kamera internetowa. Na wypadek znaczących nieprawidłowości w pracy lub utrudnień z dostępie internetowym powinno być też możliwe zdalne wyłączenie przez jej operatora np. radiowo na UKF-ie albo przez telefon. Ten awaryjny kanał sterujący może dysponować dodatkowymi funkcjami jak włączanie i wyłączanie modemu internetowego albo innych urządzeń.

W stacjach publicznych i u użytkowników z nich korzystających od długiego czasu stosowane jest oprogramowanie W4MQ („Remote Base”) i jak na razie nie ma ono żadnego równie dobrego (albo lepszego) następcy. Do transmisji głosu można stosować albo *IRBSound* z pakietu *IRT (Internet Remoting Toolkit)* tego samego autora albo skorzystać ze *Skypa*. Ważne jest, aby występujące przy tym opóźnienia były jak najmniejsze. Jeśli chodzi o dopasowanie anten to najprostszym i nie wymagającym instalowania dodatkowych programów (a po stronie stacji zdalnie dostępnej także układów) sterujących jest użycie automatycznej skrzynki antenowej wbudowanej do radiostacji lub oddzielnej. Podobnie rzecz ma się z przełączaniem anten, najlepiej aby radiostacja posiadała kilka przełączanych gniazd antenowych. Jeżeli nie ma tej możliwości to konieczne jest użycie przełącznika sterowanego przez Internet (rys. 12.5). Serwer W4MQ WEBXVCR zarządza również dostępem do stacji przez zarejestro-

wanych użytkowników. Tylko w nielicznych stacjach spotyka się alternatywne oprogramowanie (RFCORB itp.).



Rys.12.4. Sterownik „Remoterig” współpracuje z wieloma modelami radiostacji i różnymi programami sterującymi. Po stronie zdalnego operatora zamiast komputera można użyć drugiego sterownika i płyty czołowej radiostacji

Dla stacji przeznaczonych do użytku prywatnego istnieje więcej różnych wariantów konfiguracji. Do dostępu do nich można użyć oprogramowania przygotowanego do tego celu przez producenta. W tym przypadku konieczne jest zapewnienie zdalnego sterowania i transmisji sygnałów fonicznych, ale niepotrzebne staje się administrowanie dostępem przez większą liczbę użytkowników. Jednym z wariantów jest wykorzystanie (przy współpracy z nim) płyt czołowych połączonych z radiostacją za pośrednictwem internetu (z ewentualnym dodatkiem urządzeń pomocniczych – rys. 12.5, art. [12.9]). Niektóre nowsze modele radiostacji wraz z aktualnymi wersjami oprogramowania nie wymagają nawet podłączenia do radiostacji komputera pośredniczącego w łączności internetowej. Odpowiednie oprogramowanie serwera pracuje bezpośrednio w radiostacji i wymaga jedynie jej połączenia z modemem dostępowym do Internetu za pomocą kabla LAN (rys. 12.4). W starszych modelach lub dla innego oprogramowania sterującego konieczne jest użycie komputera PC. Fabryczne programy sterujące obsługują przeważnie również kanał foniczny, nie wymagają więc uruchamiania dodatkowego programu (Skypa itp.) do transmisji dźwięku.

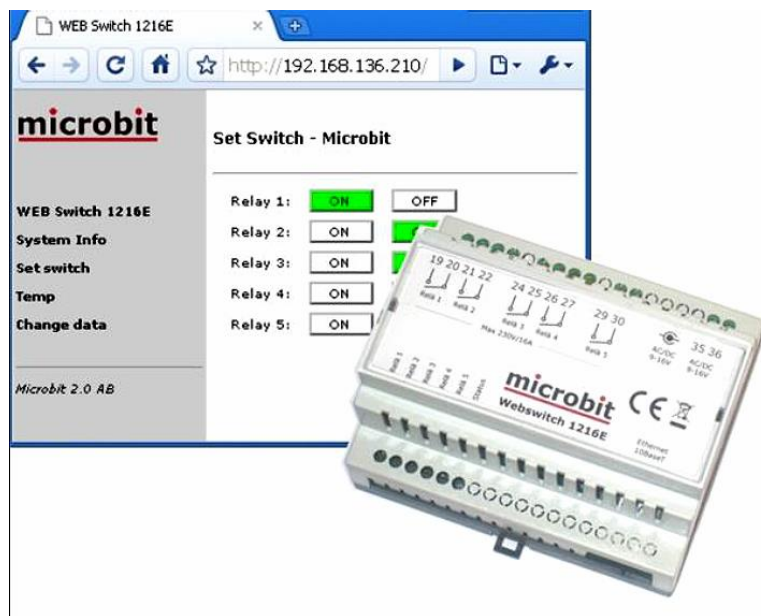
Kolejnym wariantem zdalnej obsługi jest wykorzystanie po stronie użytkownika zamiast internetowo podłączonej płyty czołowej komputera PC, na którym pracuje klient programu sterującego (rys. 12.2). Niektóre programy pozwalają na podłączenie do złącza USB komputera minipanelu sterującego zawierającego przynajmniej gałkę strojenia i kilka klawiszy. Serwer po stronie radiostacji pracuje jak w poprzednio opisanym przypadku na dodatkowym komputerze lub bezpośrednio w radiostacji.

Do zdalnej obsługi większości modeli Icoma – i do transmisji dźwięku – służy program RS-BA1 [12.2] składający się z dwóch części „Remote Utility” i „Remote-Controller”. Na komputerze połączonym ze zdalną stacją pracuje w konfiguracji serwera natomiast na komputerze użytkownika jako klient zdalnego sterowania. W zależności od modelu radiostacji jest ona połączona z komputerem albo kablem USB, po którym przekazywane są zarówno polecenia sterujące jak i sygnały fonii (IC-7600, IC-9100, IC-7100, IC-7200, IC-7300), albo dwoma kablami oddzielnie dla dźwięku i poleceń sterowania przez złącze szeregowo (IC-7000, IC-7400, IC-746Pro i IC-756Pro z konwerterem poziomów CT-17). IC-9700, IC-7800, IC-7850 i IC-7851 są już wyposażone w oprogramowanie serwera i wymagają jedynie połączenia z modemem internetowym przez kabel LAN. Na trasie internetowej wszystkie dane są przekazywane wspólnie i nie trzeba korzystać ze Skypa lub podobnych programów. Pomocna w trakcie pracy w eterze może być gałka strojenia RC-28 z dwoma przyciskami programowalnymi i przyciskiem nadawania.

Opracowany przez krótkofalowców *SDR Control* (dla iOS i macOS) jest przeznaczony do zdalnego sterowania radiostacjami Icoma z cyfrową obróbką sygnałów IC-705, IC-9700 i IC-7610. Współpracuje on ze zdalną gałką RC-28. Dodatkowe funkcje pozwalają na pracę emisją FT8 i prowadzenie dziennika stacji.

Dla radiostacji Kenwooda do zdalnego sterowania stosowane są bezpłatne programy serwera i klienta oddzielne dla poszczególnych modeli. Są to odpowiednio ARHP-590G i ARCP-590G dla TS-590GS, ARHP-10 i ARCP-480 dla TS-480, ARHP-890 i ARCP-890 dla TS890S.

Serwer ARHP-890 nie jest niezbędny ponieważ TS-890S zawiera w sobie oprogramowanie serwera. W niektórych przypadkach może on się jednak przydać. Również TS-990 i TS-2000 posiadają oprogramowanie serwera i do zdalnego sterowania potrzebne są jedynie programy klienta ARCP-990 lub ARCP-2000 (rys. 12.3). Informacje o programach i ewentualnym niezbędnym dodatkowym wyposażeniu dla innych modeli radiostacji podane są w ich instrukcjach obsługi. Dla radiostacji SunSDR2Pro i pokrewnych jako klient i serwer stosowane są odpowiednio programy „ExpertRC” i „ExpertRS” dla PC, dla radiostacji Yaesu można natomiast skorzystać z któregoś z opisanych rozwiązań uniwersalnych.



Rys. 12.5. Przełącznik sterowany internetowo przydaje się do przełączania urządzeń dodatkowych na zdalnej stacji

Sterowniki RRC-1258MkII firmy „Remoterig” pozwalają nie tylko na zdalne sterowanie radiostacjami, ale również obrotnicami antenowymi, dodatkowymi wzmacniaczami mocy, przełącznikami antenowymi itp. Sterownik jest połączony z jednej strony ze wszystkimi sterowanymi urządzeniami (zamiast komputera z rys. 12.2), a z drugiej za pomocą kabla ethernetowego z modemem dostępowym do internetu. Operator ma do wyboru albo program klienta „RRC-Micro” albo jeden z rozpowszechnionych uniwersalnych programów sterujących jak np. Ham Radio Deluxe.

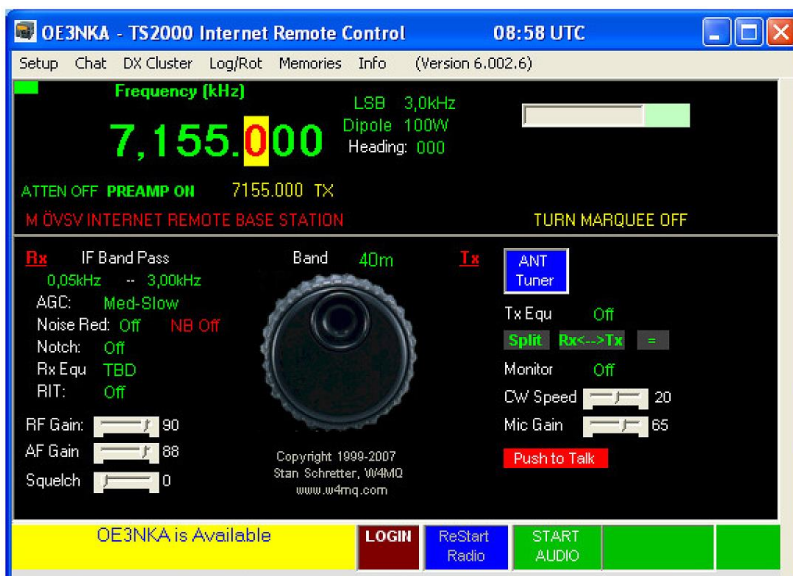
Funkcję serwera dla stacji zdalnie dostępnej pełni także – oparty na „Malinie” – sterownik MFJ-1234 („RigPi Server”). Umożliwia on sterowanie większością modeli radiostacji (wyposażonych w złącze CAT) i pracę również emisjami cyfrowymi. Użytkownicy nie muszą instalować żadnych dodatkowych programów, wystarczy zwykła przeglądarka internetowa.

Trzecią możliwością jest uruchomienie dowolnego programu do zdalnej obsługi na komputerze połączonym z radiostacją i zdalny dostęp do tego komputera przez Internet (zdalny pulpit). Konieczne jest w takim przypadku uruchomienie na komputerze zdalnej stacji serwera VNC (lub innego jego odpowiednika), a na komputerze użytkownika klienta VNC. Rozwiązanie takie jest wolniejsze niż dwa pierwsze warianty i poza tym wymaga uruchomienia dodatkowego programu (w rodzaju Skypa) do transmisji fonii. Do sterowania radiostacją nadaje się w tym przypadku oprócz programów dostarczanych przez producenta szereg popularnych programów takich jak Ham Radio Deluxe, TRX Manager itp. W zasadzie wspominamy o nim tylko gwoli porządku, nie zalecając raczej jego użycia, o ile nie jest konieczne równoległe sterowanie innymi programami.

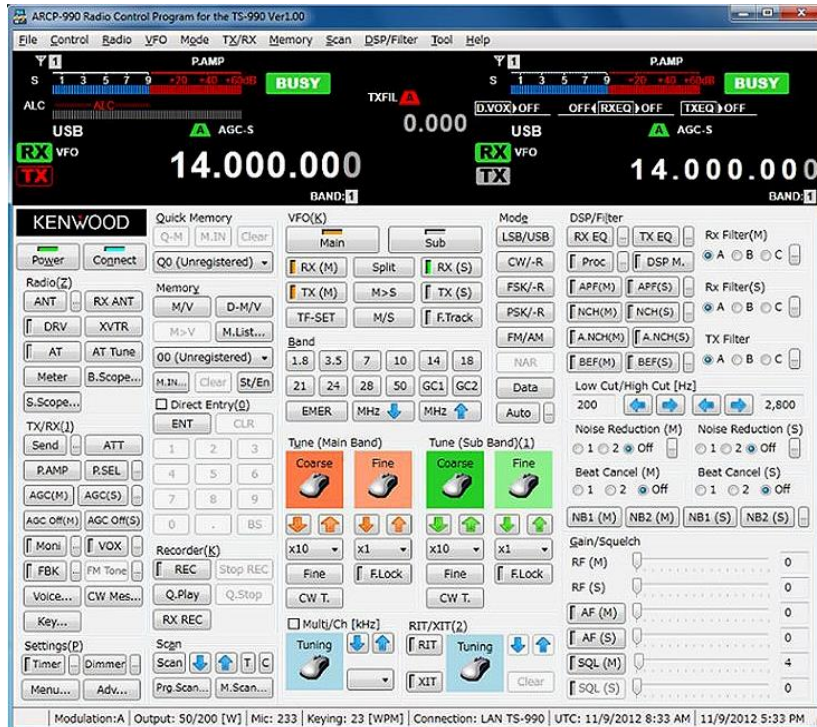
Rozwiązania nie wymagające obecności komputera po stronie zdalnie dostępnej radiostacji oznaczają nie tylko zmniejszenie kosztów energii ale także lepsze zabezpieczenie przed ewentualnymi włamywaczami komputerowymi.

Przypadkiem szczególnym jest korzystanie z odbiorników internetowych. Ich aktualny spis znajduje się m.in. pod adresem [12.6]. Wśród nich jest również odbiornik służący do odbioru geostacjonarnego satelity QO-100 [12.7]. Korzystanie z odbiorników internetowych nie wymaga instalowania żadnych dodatkowych programów. Wystarczy jedynie dowolna przeglądarka internetowa w aktualnej wersji.

Z odbiorników może korzystać wielu użytkowników równolegle i oczywiście nie potrzeba do tego licencji ani innych zezwoleń. Czas dostępu do części odbiorników jest jednak ograniczony. Drugim przypadkiem szczególnym jest korzystanie z odległych przemienników echolinkowych albo D-Starowych przez reflektory. Sprowadza się ono do przełączania nadawanie-odbiór i konieczna jest jedynie licencja ważna w kraju pobytu, a w przypadku korzystania z komputerowego dostępu do sieci jakkolwiek ważna licencja amatorska i zainstalowanie na komputerze odpowiedniego programu: „Echolinku” albo „Penauta” (dla D-Stara) [12.10].



Fot. 12.1. Okno główne programu W4MQ



Fot. 12.2. Okno główne programu ARCP-990



Fot. 12.3. Konsola sterująca Maestro do radiostacji FlexRadio 6400M i 6600M



Fot. 12.4. Sterownik RRC-1258MkII



Fot. 12.5. Okno główne RS-BA1

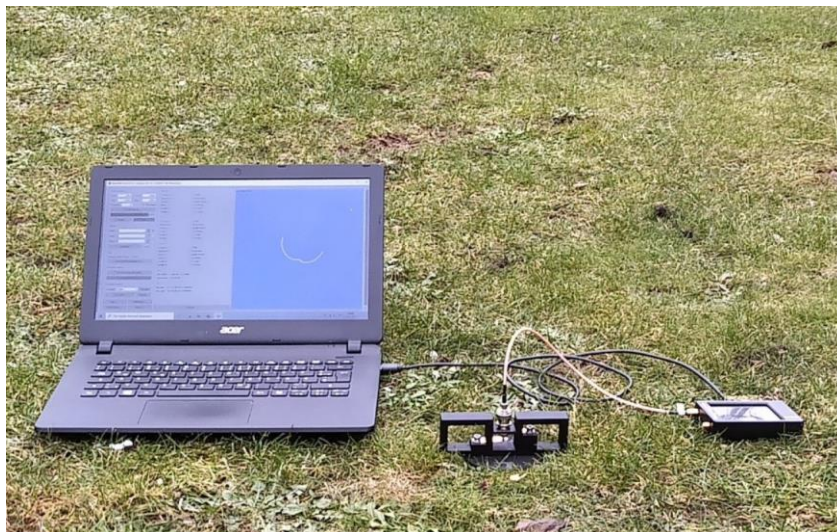


- [12.1] <https://www.dxzone.com/dx30679/w4mq-remote-base-software.html> – oprogramowanie W4MQ
- [12.2] [www.icom.com](http://www.icom.com) – programy do pobrania
- [12.3] [www.kenwood.de](http://www.kenwood.de) – programy do pobrania
- [12.4] [www.skype.com](http://www.skype.com)
- [12.5] [www.remoterig.com](http://www.remoterig.com)
- [12.6] [www.websdr.org](http://www.websdr.org)
- [12.7] <https://eshail.batc.org.uk/nb/>
- [12.8] [www.realvnc.com](http://www.realvnc.com) – klient i serwer VNC
- [12.9] „Radiostacja Flex-6400M”, tłum.Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 10/2019, str. 20
- [12.10] „D-Star komputerowo“, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 5/2019, str. 59
- [12.11] „Moduł SCA-LAN-10. Moduł zdalnego sterowania radiostacjami Yaesu”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 1-2/2023, str. 24
- [12.12] „MFJ1234 RigPi. Serwer zdalnego sterowania”, Krzysztof Dąbrowski, OE1KDA, Świat Radio 11-12/2022, str. 26
- [12.13] Tomy 63 i 65 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”

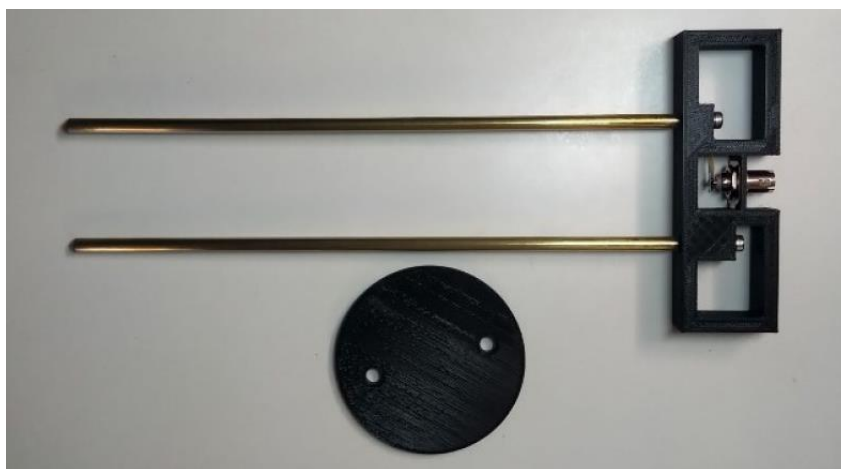
### 13. Pomiar parametrów gruntu

W przeważającej większości przypadków rzeczywiste parametry gruntu we własnym otoczeniu nie są znane i dlatego w symulacjach charakterystyk anten podstawiane są parametry standardowe dla przeciętnego rodzaju gruntu albo dla zbliżonego stojącego do wyboru w programie symulacyjnym. Uzyskane w ten sposób wyniki mogą się jednak znacznie różnić od rzeczywistych. W warunkach amatorskich najprostsza okazuje się metoda bezpośredniego pomiaru przy użyciu sondy wbijanej w ziemię.

Dla uzyskania sensownych wyników konieczne jest więc zmierzenie rzeczywistych właściwości gruntu wokół własnej lokalizacji. Są one zależne od częstotliwości, co jest w pewnym stopniu związane z głębokością wnikania fali w zależności od częstotliwości do warstw gruntu o różniących się właściwościach, a zwłaszcza wilgotności. Podstawowymi parametrami gruntu są jego przewodność  $\sigma$  wyrażana w S/m i względny współczynnik przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$ . Przydatność wyników symulacji charakterystyk anten w programach EZNEC, MMANA i innych programach symulacyjnych wzrasta w przypadku podania rzeczywistych wartości tych parametrów zamiast standardowych wartości dla jednego z kilku typowych rodzajów gruntu. Dotyczy to zwłaszcza anten pionowych i anten dipolowych zawieszonych nisko w stosunku do długości fali. Największy wpływ na charakterystyki promieniowania anten wywierają właściwości gruntu w strefie bliskiej o promieniu około  $4\lambda$ .



Fot. 13.1. Stanowisko pomiarowe OE1CGS



Fot. 13.2. Konstrukcja sondy

Do przeprowadzenia własnych pomiarów z dokładnością dostateczną do celów amatorskich wystarczy analizator anten lub analizator obwodów i prosta sonda własnej konstrukcji. Plastikowe części sondy

można nawet samemu wydrukować na drukarce przestrzennej (ang. 3D). W praktyce w zakresie 1 – 30 MHz najlepiej sprawdziły się elektrody o długości 25 – 35 cm i transformacyjna metoda obliczania opracowana przez DL1GLH. Sama metoda pomiarowa nie jest jednak ograniczona do zakresu krótkofalowego pod warunkiem, że długość elektrod jest mniejsza od  $\lambda/2$ . Przy podanej długości elektrod mierzone są wprawdzie parametry górnej warstwy ziemi, ale robienie wykopu pozwalającego na pomiary na większych głębokościach jest tylko zbędnym utrudnieniem. Dla gleb o większych przewodnościach zasadniczo wystarczą pomiary w górnej warstwie o grubości kilku decymetrów.



Fot.13.3. Połączenie prętów z gniazdkiem BNC

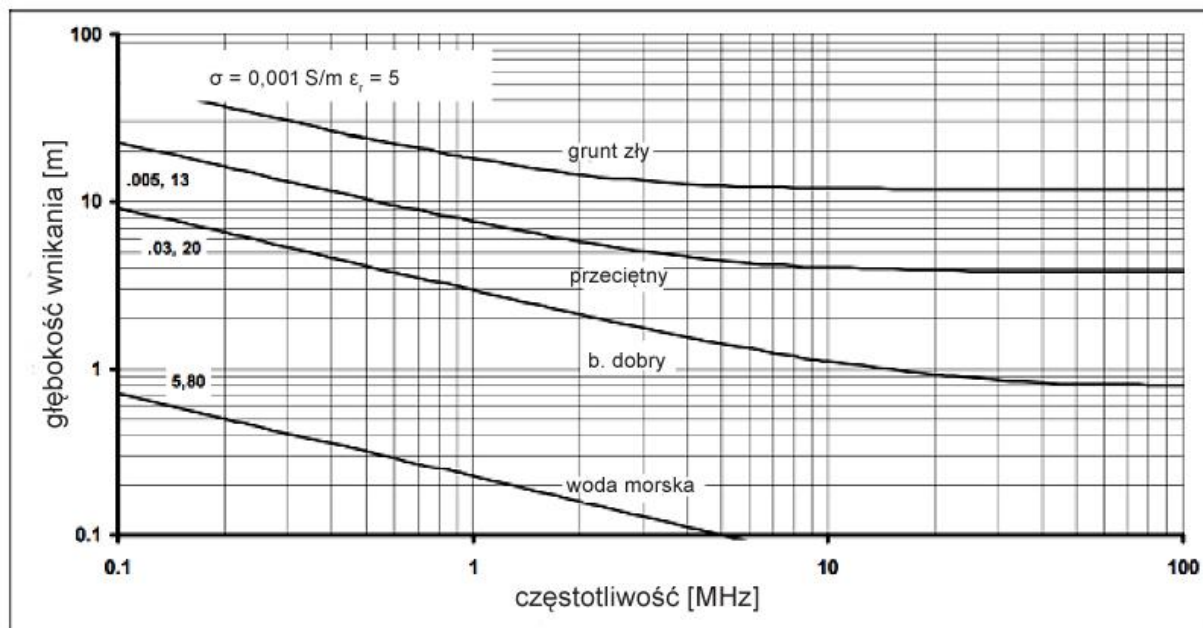
Sonda służąca do bezpośredniego pomiaru parametrów gruntu składa się z dwóch elektrod w postaci prętów wbijanych w ziemię. Pręty te stanowią otwartą na jednym z końców linię symetryczną (ang. *Open Wire Linie* – OWL). Między jej przewodami, a właściwie w obrębie walca o średnicy równej odstępowi elektrod i wysokości trochę większej od ich długości, mierzona jest impedancja (oporność zespolona) gruntu dla danej częstotliwości pomiarowej.

Konstrukcja sondy pomiarowej przedstawiona jest na fot. 13.2. Elektrody wykonano z dwóch prętów mosiężnych o średnicy 6 mm. Odstęp między środkami prętów wynosi 50 mm, ale zrównoważona średnica prętów jak i ich odstęp nie są krytyczne. Pręty są zaokrąglone na końcu aby łatwiej było wbijać je w ziemię. Pomimo to wbijanie w ziemię prętów o długościach przekraczających 30 – 40 cm może przysporzyć pewnych trudności. Z tego powodu OE1CGS ograniczył długość sondy do 25 cm. Do wyciągania sondy z ziemi służy widoczny po prawej stronie uchwyt. Na fot. 13.3 przedstawiony jest sposób połączenia gniazdka BNC z elektrodami przy użyciu miedzianej blachy o grubości 0,2 mm.

Z gniazdkiem BNC sondy połączony jest analizator antenowy lub analizator obwodów. OE1CGS używał w trakcie pomiarów analizatora NanoVNA (skalibrowanego tak, aby punkt odniesienia wypadł w gniazdku) i programu „NanoVNA Saver”. Wyniki pomiarów były zapisywane jako parametry macierzy S. Wymagają one następnie przeliczenia na przewodność  $\sigma$  w S/m i względny współczynnik przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$ . Do tego celu DL1GLH opracował program kalkulacyjny dostępny w Internecie pod adresem [13.3]. W jego oknie należy wprowadzić długość, średnicę i odstęp prętów sondy w milimetrach, częstotliwość sygnału w MHz, zmierzone wartości oporności i reaktancji (z odpowiednim znakiem) w omach oraz wybrać z rozwijanej listy materiał, z którego wykonane są elektrody. Trzeba też zwrócić uwagę na to, że zamiast przecinka dziesiętnego stosowana jest kropka. Obliczenia wykonywane są po naciśnięciu przycisku „Calculate...” (rys. 13.2). W witrynie DL1GLH jest również dostępny plik exe do użytku lokalnego. W alternatywnej metodzie pojemnościowej opracowanej przez N6LF konieczny jest pomiar pojemności między elektrodami sondy z dokładnością 0,1 pF, a następnie wykonanie obliczeń przy użyciu podanych przez autora wzorów. Jest to więc sposób trochę bardziej skomplikowany i wymagający posiadania dostatecznie dokładnego miernika pojemności.

W warunkach amatorskich nie jest wymagana duża dokładność pomiaru. Dopuszczalne są nawet uchyby rzędu 25%. Dla sprawdzenia wyników OE1CGS przeprowadził serie pomiarów dla gruntu wilgotnego i o mniejszej wilgotności, przy wykorzystaniu sond 35 i 25 cm i przy wykorzystaniu obydwu metod obliczeniowych. Wprawdzie obie metody dawały wiarygodne i zbliżone wyniki, ale ostatecznie

konstruktor wyżej ocenił metodę DL1GLH. Metoda pojemnościowa N6LF dawała budzące wątpliwości wyniki w pobliżu rezonansów własnych i dla zmierzonych reaktancji indukcyjnych.



Rys. 13.1. Głębokość wnikania fal elektromagnetycznych w zależności od rodzaju gruntu w funkcji częstotliwości

### Input values

(Please, use a dot "." as a decimal separator in the input fields)

Length [millimeter]:  Diameter [millimeter]:

Distance [millimeter]:  Frequency [Mc]:

Measured impedance: [real, ohms]:  [imaginary, ±ohms]:

Material of the probes:

Rys. 13.2. Okno programu kalkulacyjnego DL1GLH

[13.1] „Messung von Bodenparameter”, Christoph Schwärzler, OE1CGS, [www.oe1cgs.at](http://www.oe1cgs.at)

[13.2] <https://www.dl1glh.de/groundconductivity.html>

[13.3] [www.dl1glh.de/gc.html](http://www.dl1glh.de/gc.html) – kalkulator internetowy

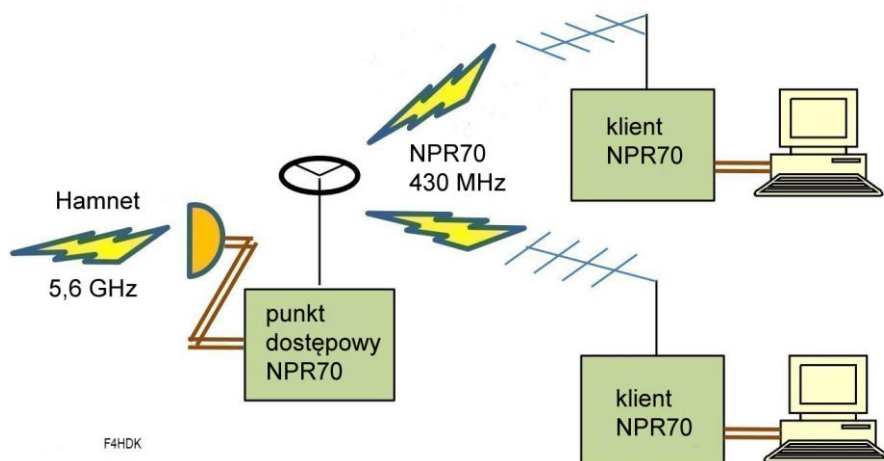
## 14. Nowe wcielenie „Packet Radio“

Nowe wcielenie „Packet Radio” NPR70 jest rozwiązaniem pośrednim między dobrze znaną wersją „Packet Radio” opartą o protokół AX.25 i stosowanym w sieci Hamnetu systemem opartym o WiFi. W założeniu ma ono ułatwić dostęp do Hamnetu użytkownikom znajdującym się w większych odległościach od węzłów sieci przez wykorzystanie pasma 70 cm. Osiągane szybkości transmisji leżą w zakresie 110 kbit/s – 1 Mbit/s, a więc znacznie poniżej hamnetowych szybkości rzędu 10 Mbit/s.

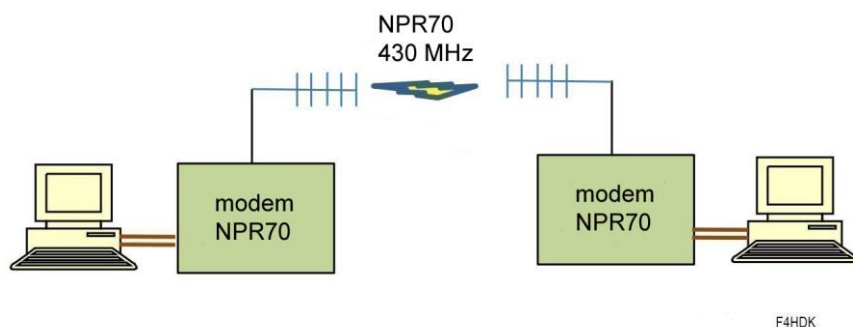


Fot.14.1. Modem F4HDK

Protokół NPR został opracowany (przez F4HDK) dla zapewnienia dwukierunkowych łączności radiowych w amatorskich sieciach IP. Jest to rozwiązanie w pełni amatorskie nie ukrywające swoich tajemnic przed zainteresowanymi, ale nie jest ono oparte o protokół AX.25. Protokół z podziałem na szczeliny czasowe (TDMA) obsługuje łączności w topologii gwiazdowej – między punktem centralnym (serwerem) i stacjami użytkowników (klientami). Przydziałem szczelin czasowych (ang. *slot*) zarządza stacja centralna, dzięki czemu unika się kolizji pakietów nadawanych przez użytkowników. Głównym zastosowaniem protokołu NPR jest rozszerzenie istniejącej sieci hamnetowej o punkty dostępowe pracujące w paśmie 70 cm (rys. 14.1). Pasma 70 cm zapewnia dalsze zasięgi aniżeli przy bezpośrednim dostępie do Hamnetu w pasmach 13 lub 6 cm. NPR70 jest wyposażony w prosty mechanizm wyprzedzającej korekty przekłamań (FEC) chroniący tylko najważniejszą część pakietu danych. Protokół spełnia wymagania stawiane transmisjom amatorskim: regularnie nadawane są znaki wywoławcze stacji, a transmisja nie jest szyfrowana. Stacja centralna (punkt dostępowy) nadaje jedynie wówczas, gdy połączony jest z nią przynajmniej jeden użytkownik. W pozostałym czasie kanał jest wolny.



Rys. 14.1. Łączność w topologii gwiazdowej



Rys. 14.2. Połączenie pojedynczej stacji z punktem dostępowym

Zalecane jest, aby w punktach dostępowych stosować anteny dookólne, a w stacjach użytkowników anteny kierunkowe dla uniknięcia ewentualnego zakłócania sąsiadujących sieci. Przypadkiem szczególnym łączność tylko dwóch stacji: możliwe jest wówczas stosowanie anten kierunkowych po obu stronach (rys. 14.2). Polaryzacja anten może być dowolnie wybrana przez operatora punktu dostępowego w zależności od lokalnej sytuacji. Anteny muszą charakteryzować się stosunkowo dużym zyskiem.

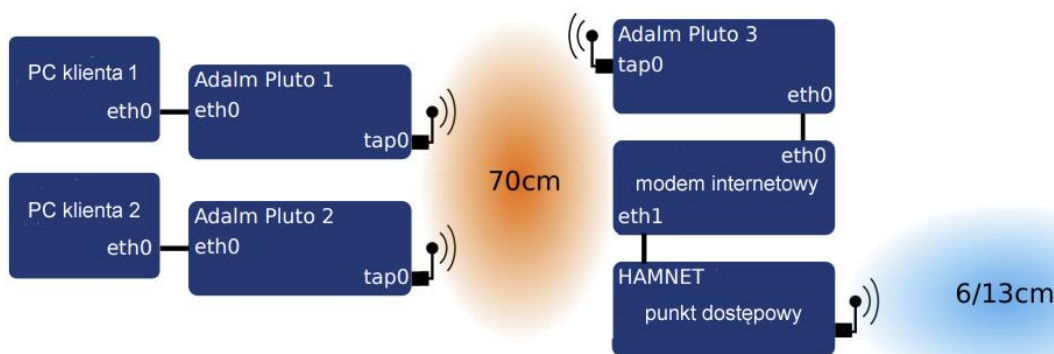
W Niemczech dla eksperymentalnej szybkiej transmisji danych przewidziane są dwa podzakresy o szerokości 200 kHz: 434,800 – 435,000 i 439,600 – 439,800 MHz, co pozwala na pracę półduplexową z odstępem częstotliwości 4,8 MHz (z wejściem w podzakresie dolnym) lub na pracę simpleksową (również w dolnym podzakresie), natomiast w Szwajcarii jest to podzakres o szerokości 600 kHz wokół częstotliwości 434,400 MHz. W Austrii być może zostanie zastosowane inne rozwiązanie.



Fot. 14.2. Łącze z wykorzystaniem radiostacji „Adalm Pluto”

Modemy użytkowników nadają cyklicznie (co 2 – 6 sekund) swoje znaki wywoławcze, a punkt dostępowy nadaje identyfikator własnej sieci. W obecnej wersji systemu punkt dostępowy może obsługiwać do siedmiu użytkowników równolegle, ale w przyszłości ich liczba ma wzrosnąć do 15. Protokół NPR nie jest przewidziany dla stacji ruchomych, gdyż nie jest dostatecznie odporny na przekłamania

występujące wskutek odbioru wielodrożnego. Dla stacji stałych teoretyczny zasięg wynikający ze stosunku długości ramki do czasu propagacji wynosi 300 km. Protokół jest przeznaczony dla sieci o topologii gwiazdowej i nie pozwala na bezpośrednią komunikację stacji użytkowników między sobą – nie obsługuje więc topologii siatki. Każda ze stacji klientów otrzymuje od stacji centralnej (punktu dostępowego) szczelinę czasową, przyznawaną w taki sposób, aby umożliwić dostęp wszystkim nawet jeżeli jeden z użytkowników ma potrzeby większe od pozostałych. W zależności od potrzeb użytkownika stacja centralna przyznaje dostęp szybki lub wolniejszy – czyli większą lub mniejszą liczbę szczelin w ciągu sekundy. Liczba szczelin jest w trybie szybkim 5 – 10-krotnie większa, zależnie od rodzaju modulacji (patrz tab. 14.1). W danym momencie użytkownicy mogą być połączeni tylko z jedną siecią – z jedną stacją dostępową. Stacja dostępową odmawia połączenia z użytkownikiem jeżeli obsługuje już ich maksymalną dopuszczalną liczbę lub gdy wszystkie adresy IP z jej puli są już wykorzystane (pula obejmuje nie tylko adresy dla użytkowników, ale również i dla dalszych łączy w sieci). W przypadku przekraczającego 30 sekund braku aktywności punkt dostępowy przechodzi w tryb czuwania (nasłuchu) i wraca do trybu czynnego po odebraniu sygnału użytkownika. Szerokości kanału w.cz. w zależności od typu modulacji podano w tabeli 14.1.



Rys. 14.3. Sieć oparta na radiostacjach „Adalm Pluto”

Najważniejszym elementem wyposażenia stacji użytkowników są modemy NPR. Konstrukcje modemów F4HDK (fot. 14.1) są dostępne m.in. w sklepie internetowym [14.2]. W ich części radiowej pracuje moduł TRX z cyfrową obróbką sygnałów typu SI4463F30. W chwili obecnej charakteryzują się one stosunkowo niską czułością – dla uzyskania możliwej do przyjęcia stopy błędów (BER) wymagany jest poziom sygnału odbieranego rzędu  $-87$  dBm ( $S9 + 6$  dB) przy modulacji typu 21. Ewentualne dodatkowe wzmacniacze mocy muszą zapewnić czas przełączania nadawanie-odbioru poniżej 1 ms (moce wyjściowe modemów NPR-70 F4HDK wynoszą w przybliżeniu 500 mW – 27 dBm). Wymagania te spełniają wzmacniacze dla radiostacji DMR. Modemy te stosują dwu- lub 4-stanowe gaussowskie kluczowanie częstotliwości (2GFSK lub 4GFSK) z szybkościami transmisji dochodzącymi do 500 kbit/s. Konfiguracja modemu wymaga połączenia go z komputerem PC przez złącze USB lub za pomocą protokołu telnet. Jeżeli modem ma pracować w trybie zdalnego nadzoru musi on pozostać stale połączony z PC albo z mikrokomputerem w rodzaju „Maliny”. Oprócz toru radiowego modem zawiera mikrokomputer sterujący STM32L432KC i złącze ethernetowe.

W rozwiązaniu alternatywnym [14.3 – 14.5] opartym o protokół dostępowy HNAP zastosowano modulację ortogonalną z 40 podnośnymi odległymi od siebie o 4 kHz. Całkowita szerokość zajmowanego pasma wynosi więc 160 kHz. Podnośne są zmodulowane na jeden z siedmiu sposobów od QPSK począwszy a na QAM256 skończywszy (z różniącymi się współczynnikami FEC 1/2 albo 3/4). Zarówno w stacjach użytkowników jak i w stacji dostępowej jako wyposażenie radiowe pracuje radiostacja „Adalm Pluto” ze specjalnie opracowanym oprogramowaniem. Stabilność wewnętrznego generatora TCXO jest niewystarczająca, dlatego też konieczna jest jego wymiana na generator zapewniający stabilność  $0,5 \times 10^{-6}$ . W obecnej wersji osiągnięte są szybkości transmisji 80 – ~350 kbit/s. Radiostacje „Adalm Pluto” są połączone z komputerem za pośrednictwem złącza ethernetowego (z ewentualnym wykorzystaniem przejściówki Ethernet/USB w przypadku gdy komputer nie posiada złącza Ethernet) – patrz fot. 14.2.

Krótkofalowcy austriaccy pracują natomiast, wspólnie z Politechniką Wiedeńską, nad opracowaniem szerokopasmowego rozwiązania dostępu do Hamnetu. Pod naukowym kierownictwem profesora politechniki OE1VMC opracowywany jest punkt dostępowy i modem dla użytkowników pracujące w paśmie 52 – 54 MHz z szerokością pasma 2 MHz [14.6]. Mają one pracować zgodnie ze standardem IEEE802.22 (WRAN). W przyszłości mogłyby powstać również analogiczne urządzenia dla pasma 70 cm. Dzięki temu krótkofalowcy austriaccy mogliby przeskoczyć etap NPR70.

Tabela 14.1  
Warianty modulacji

Kluczowanie	Szybkość modulacji [kbod]	50	100	180	300	500
	Pasmo [kHz]	100	200	360	600	1000
2GFSK	Typ modulacji	---	11	12	13	14
	Przepływność brutto [kbit/s]	---	100	180	600	500
	Przepływność netto [kbit/s]	---	71	120	190	300
4GFSK	Typ modulacji	20	21	22	23	24
	Przepływność brutto [kbit/s]	100	200	360	600	1000
	Przepływność netto [kbit/s]	68	130	220	330	470

[14.1] „Packet Radio weiterentwickelt: New Packet Radio”, Jochen Berns, DL1YBL, „Funkamateure“ 9/2020, str. 797, 10/2020, str. 877, 11/2020, str. 962

[14.2] <https://elekitsorparts.com> – modemy F4HDK

[14.3] [www.hnap.de](http://www.hnap.de) – rozwiązanie oparte o TRX „Adalm Pluto”

[14.4] „Hamnet auf 70 cm mit dem PlutoSDR”, Jann Traschewski, DG8NDN, CQDL 7’2020 i 8/2020

[14.5] „Design of a Radio Communication Protocol for Hamnet Access in the 70 cm Amateur Radio Band“, Lukas Ostendorf, praca dyplomowa, źródło: [3]

[14.6] „WRAN in HAMNET (via 6 m Breitband ins HAMNET)“ – [www.oevsv.at](http://www.oevsv.at)



## Dodatek A

### Łączenie przemienników FM przez sieć Hamnetu

Nowy model przemiennika DMR Hytery pozwala na połączenie sieciowe również analogowych przemienników FM.

Od jesieni 2020 roku trzy austriackie przemienniki FM zostały połączone ze sobą za pośrednictwem Hamnetu, obecnie do sieci OE-Linku są włączone dalsze stacje. Powstała w ten sposób sieć podobna do istniejącego w kraju FM-Linku, ale oparta o Hamnetowe połączenia IP, a nie o system Echolinku. Od strony technicznej rozwiązanie oparte jest o DMR-owe przemienniki Hytery typu RD985S. Ich oprogramowanie wewnętrzne pozwala na łączenie przez łącza IP również kanałów analogowych FM bez instalowania dodatkowego wyposażenia. Wszystkie połączone ze sobą stacje przemiennikowe muszą być wyposażone w przemienniki Hytery tego typu. W RD985S zastosowano dla obu systemów (MR i analogowego) identyczne sekwencje poleceń służących do połączenia z serwerem i identyczne sposoby sygnalizacji początku i końca transmisji. Przemienniki DMR i FM są więc połączone z tym samym serwerem sieci cyfrowego głosu (rys. A.1). Równoległe do łączności głosowych w sieci mogą być rozpowszechniane komunikaty APRS-u i meldunki tekstowe. W sytuacjach awaryjnych możliwe jest łączenie przemienników w grupy i rozpowszechnianie przez nie komunikatów ratunkowych. W zwykłych okolicznościach wszystkie przemienniki są połączone na stałe we wspólną sieć i użytkownicy – w przeciwieństwie do Echolinku i sieci cyfrowego głosu – nie mają możliwości wyboru połączeń albo ich rozłączania.



Fot. A.1

REMAP	NR	HW	TIME	SEC	RPTR	CALL	ID	CALL
	2	HYT	2021-02-27 11:06:02	16.0	932381	OE3XWJ	932381	analog
BRIDGE	3	HYT	2021-02-27 11:05:44	17.1	932381	OE3XWJ	932381	analog
	4	HYT	2021-02-27 11:05:39	3.8	932381	OE3XWJ	932381	analog
SERVICE	5	HYT	2021-02-27 11:05:34	4.6	932381	OE3XWJ	932381	analog
	6	HYT	2021-02-27 11:05:28	3.8	932381	OE3XWJ	932381	analog
SITE-INFO	7	BRI	2021-02-27 11:05:27	4.5	2622	REFL	2629194	DL3JRA
	8	HYT	2021-02-27 11:05:22	4.5	932381	OE3XWJ	932381	analog
	9	YCS	2021-02-27 11:05:13	1.0	232778	FCS23293	2325187	OE5JPP
	10	BRI	2021-02-27 11:05:08	0.5	2622	REFL	2620739	DO1KFS
	11	BRI	2021-02-27 11:04:35	7.2	2622	REFL	2620068	DK5CQ
	12	BRI	2021-02-27 11:04:24	7.4	2622	REFL	2620076	DM3AL

Rys. A.1. Na pulpicie IPSC2-OE-MLINK widoczne są naprzemian meldunki stacji analogowych i DMR-owych. W komunikatach stacji analogowych niemożliwe jest podawanie znaków wywoławczych użytkowników

W zastosowaniach profesjonalnych łącza IP przebiegają oczywiście przez Internet, ale krótkofalowcy austriaccy skorzystali do tego celu z dość dobrze już rozbudowanej sieci Hamnetu. Sieć Hamnetu pracuje w identyczny sposób jak Internet i stanowi w zasadzie amatorski Internet radiowy, z tym, że jest to sieć niezależna, przeznaczona jedynie dla krótkofalowców i nie mająca z samej zasady stanowić uzupełnienia ani wejścia do powszechnego Internetu.

W pierwszej fazie połączone ze sobą zostały trzy przemienniki OE1XAT, OE3XWJ i OE8XWK zlokalizowane w Wiedniu i dwóch innych regionach Austrii i znajdujące się w zasięgu Hamnetu, a obecnie jest ich już osiem znajdujących się w sześciu regionach Austrii.

W porównaniu z RD985 przekaźniki RD985S obsługują oprócz warstwy II (ang. *tier II*) także funkcje warstwy III DMR (ang. *tier III*), ale dla celów krótkofalarskich jest to sprawa obecnie nieistotna.

[A.1] *HAMNET only FM-Umsetzer-Vernetzung*, OE1KBC, QSP 3/2021, str. 12

## Literatura i adresy internetowe

Roczniki 2016 – 2023 Świata Radio

Roczniki 2019 – 2022 Funkamateura

Roczniki 2019 – 2022 CQDL

Roczniki 2019 – 2022 QST

Roczniki 2019 – 2021 QSP

Rocznik 2018 – UKW-Berichte

„Propagation and radio science”, Eric P. Nichols, KL7AJ, ARRL 2015, ISBN 978-1-62595-027-7

„Podstawy radiokomunikacji”, Stefan Hahn, WKŁ, Warszawa 1964

„Poradnik radioamatora”, praca zbiorowa, WKŁ, Warszawa 1977

Instrukcje obsługi radiostacji i programów

Strony internetowe podane na końcu rozdziałów



**W serii „Biblioteka polskiego krótkofalowca” dotychczas ukazały się:**

- Nr 1 – „Poradnik D-STAR”, wydanie 1 (2011), 2 (2015), 3 (2019) i 4 (2021)
- Nr 2 – „Instrukcja do programu D-RATS”
- Nr 3 – „Technika słabych sygnałów” Tom 1
- Nr 4 – „Technika słabych sygnałów” Tom 2
- Nr 5 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 1
- Nr 6 – „Łączności cyfrowe na falach krótkich” Tom 2
- Nr 7 – „Packet radio”
- Nr 8 – „APRS i D-PRS”
- Nr 9 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 1, wydanie 1 (2012)
- Nr 10 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich” Tom 2, wydanie 1 (2012)
- Nr 11 – „Słownik niemiecko-polski i angielsko-polski” Tom 1
- Nr 12 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 1
- Nr 13 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 2
- Nr 14 – „Amatorska radioastronomia”
- Nr 15 – „Transmisja danych w systemie D-STAR”
- Nr 16 – „Amatorska radiometeorologia”, wydanie 1 (2013) i 2 (2017)
- Nr 17 – „Radiolatarnie małej mocy”
- Nr 18 – „Łączności na falach długich”
- Nr 19 – „Poradnik Echolinku”
- Nr 20 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 1
- Nr 21 – „Arduino w krótkofalarstwie” Tom 2
- Nr 22 – „Protokół BGP w Hamnecie”
- Nr 23 – „Technika słabych sygnałów” Tom 3, wydanie 1 (2014), 2 (2016) i 3 (2017)
- Nr 24 – „Raspberry Pi w krótkofalarstwie”
- Nr 25 – „Najpopularniejsze pasma mikrofalowe”, wydanie 1 (2015) i 2 (2019)
- Nr 26 – „Poradnik DMR” wydanie 1 (2015), 2 (2016) i 3 (2019), nr 326 – wydanie skrócone (2016)
- Nr 27 – „Poradnik Hamnetu” wydanie 1 (2015) i 2 (2021)
- Nr 28 – „Budujemy Ilera” Tom 1
- Nr 29 – „Budujemy Ilera” Tom 2
- Nr 30 – „Konstrukcje D-Starowe”
- Nr 31 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 3
- Nr 32 – „Anteny łatwe do ukrycia”
- Nr 33 – „Amatorska telemetria”, wydanie 1 (2017) i 2 (2022)
- Nr 34 – „Poradnik systemu C4FM”, wydanie 1 (2017), 2 (2019) i 3 (2021)
- Nr 35 – „Licencja i co dalej” Tom 1
- Nr 36 – „Cyfrowa Obróbka Sygnałów”
- Nr 37 – „Telewizja amatorska”
- Nr 38 – „Technika słabych sygnałów” Tom 4, wydanie 1 (2018), 2 (2020) i 3 (2022)
- Nr 39 – „Łączności świetlne”
- Nr 40 – „Radiostacje i odbiorniki z cyfrową obróbką sygnałów” Tom 4
- Nr 41 – „Licencja i co dalej” Tom 2
- Nr 42 – „Miernictwo” Tom 1
- Nr 43 – „Miernictwo” Tom 2
- Nr 44 – „Miernictwo” Tom 3
- Nr 45 – „Testy sprzętu” Tom 1
- Nr 46 – „Testy sprzętu” Tom 2
- Nr 47 – „Licencja i co dalej” Tom 3
- Nr 48 – „Jonosfera i propagacja fal”
- Nr 49 – „Anteny krótkofalowe” Tom 1
- Nr 50 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2022)
- Nr 51 – „Anteny krótkofalowe” Tom 2
- Nr 52 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 2
- Nr 53 – „Anteny mikrofalowe”

- Nr 54 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 1
- Nr 55 – „Proste odbiorniki amatorskie” Tom 2
- Nr 56 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 1
- Nr 57 – „Proste nadajniki amatorskie” Tom 2
- Nr 58 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 1
- Nr 59 – „Mini- i mikrokomputery w krótkofalarstwie” Tom 2
- Nr 60 – „DX-y w C4FM”
- Nr 261 – „Poradnik DMR” Tom 1, z nru 26, wydanie 1 (2021)
- Nr 262 – „Poradnik DMR” Tom 2, z nru 26, wydanie 1 (2021)
- Nr 63 – „Testy sprzętu” Tom 3
- Nr 64 – „Poczta elektroniczna na falach krótkich”, z nrów 9 i 10, wydanie 2 (2022)
- Nr 65 – „Testy sprzętu” Tom 4
- Nr 66 – „Mieszanka firmowa” Tom 1



