

BIBLIOTEKA
POLSKIEGO KRÓTKOFALOWCA

70

KRZYSZTOF DĄBROWSKI
OE1KDA

KONSTRUKCJE ANTENOWE
TOM 1

WIEDEN 2024



© Krzysztof Dąbrowski OE1KDA
Wiedeń 2024

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.

Konstrukcje antenowe

Tom 1

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wydanie 1
Wiedeń, kwiecień 2024

Spis treści

Wstęp	6
1. Anteny krótkofalowe	7
1.1. Anteny dipolowe	7
1.1.1. Szerokopasmowa antena wachlarzowa	7
1.1.2. Dwuelementowa antena kierunkowa na pasma 6 – 20 m	10
1.1.3. Antena dipolowa o załamanych ramionach	12
1.1.4. Owalna antena Moxona na pasmo 15 m	13
1.1.5. Krótkofalowa antena z promiennikami biernymi	14
1.2. Anteny pionowe	18
1.2.1. Trzypasmowa antena QRP	18
1.2.2. Skrócony dipol na pasmo 10 m	20
1.2.3. Skrócona antena pionowa na pasma 15 m, 17 m i 20 m	21
1.2.4. Skrócona antena pionowa na pasma 10 m, 15 m i na dolne pasma	23
1.2.5. Skrócone anteny GP	24
1.2.6. Antena HB9XBG	25
1.2.7. Pionowa antena czteropasmowa	27
1.2.8. Uziemiona antena półfalowa	30
1.2.9. Pionowa antena $5/8 \lambda$ na 10 MHz	32
2. Anteny na pasmo 50 MHz	36
2.1. Szkieletowa antena trójkątna na pasmo 6 m	36
2.2. Pozioma antena pętlowa na pasmo 6 m	38
2.3. Ukryta antena J na pasmo 6 m	40
3. Anteny na pasmo 70 MHz	42
3.1. Krótkie anteny na pasmo 4 m	42
4. Anteny na pasma 2 m i 70 cm	47
4.1. Antena Yagi do łączności EME	47
4.2. Antena J z płaskiego kabla	49
4.3. Trójkątna antena pętlowa na pasmo 2 m	51
4.4. Szerokopasmowa antena UKF	53
5. Anteny na pasmo 23 i 13 cm	55
5.1. Antena tarczowa na pasmo 13 cm	55
Dodatek A. Antena KF – 6 m typu MFJ-1898	57
Literatura i adresy internetowe	59
Spis tomów „Biblioteki polskiego krótkofalowca”	61

Sommaire

Antenes diverses

Préface	6
1. Antennes décamétriques	7
1.1. Doublets	7
1.1.1. Antenne gamme à large bande	7
1.1.2. Antenne directive à deux éléments pour les bandes 6 – 20 m	10
1.1.3. Antenne dipôle replié	12
1.1.4. Antenne Moxon ovale pour 15 m	13
1.1.5. Antenne décamétrique à brins rayonnants	14
1.2. Antennes verticales	18
1.2.1. Antenne tribande QRP	18
1.2.2. Doublet raccourcie pour la bande de 10 m	20
1.2.3. Antenne verticale raccourcie pour les bandes 15 m, 17 m et 20 m	21
1.2.4. Antenne verticale raccourcie pour les bandes 10, 15, 80 et 160 m	23
1.2.5. Antennes ground plane raccourcies	24
1.2.6. Antenne de HB9XBG	25
1.2.7. Antenne verticale quatre bandes	27
1.2.8. Antenne demi-onde mise à la terre	30
1.2.9. Antenne vertical $5/8 \lambda$ pour la bande de 10 MHz	32
2. Antennes pour la bande de 50 MHz	36
2.1. Antenne triangle squelette pour la bande de 6 m	36
2.2. Antenne à boucle horizontale pour la bande de 6 m	38
2.3. Antenne caché en J pour la bande de 6 m	40
3. Antennes pour la bande de 70 MHz	42
3.1. Antennes raccourcies pour la bande de 4 m	42
4. Antennes pour les bandes 2 m et 70 cm	47
4.1. Antenne Yagi pou EME	47
4.2. Antene en J à câble plat	49
4.3. Antenne triangle à boucle horizontale pour la bande de 2 m	51
4.4. Antenne THF à large bande	53
5. Antennes pou les bandes de 23 i 13 cm	55
5.1. Antennes à disques pour la bande de 13 cm	55
Annexe A. Antenne MFJ-1898 pour les bandes HF – 6 m	57
Bibliographie et les pages web	59
Liste des volumes de la „Bibliothèque de radioamateur polonais”	61

Wstęp

Obecny tom stanowi uzupełnienie tomów 49 – 52, w których omówiono podstawy teoretyczne funkcjonowania anten różnych typów i ich najważniejsze rozwiązania. Rozwiązań anten jest całe mnóstwo i ciągle publikowane są opisy coraz to nowych konstrukcji albo punktów widzenia za znane już od dawna. Dlatego też autor koncentruje się na stronie praktycznej wybierając opisy ciekawszych, zwłaszcza nietypowych konstrukcji, które stały się znane po opublikowaniu dotychczasowych tomów albo z różnych względów nie pasowały do układu materiału w poprzednich tomach. Warto też przypomnieć, że zbiór konstrukcji anten ławych do ukrycia przed niepożądanym okiem zawiera tom 32.

Antena stanowi element dopasowującym system nadawczo-odbiorczy do wolnej przestrzeni. Na osiągnięcia łącznościowe istotny wpływ wywierają zjawiska występujące w przestrzeni pomiędzy antenami nadawcy i odbiorcy – w pierwszym rzędzie w jonosferze i troposferze. Sprawom propagacji fal elektromagnetycznych jest poświęcony tom 48 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.

Życzymy owocnej lektury.

Krzysztof Dąbrowski OE1KDA

Wiedeń

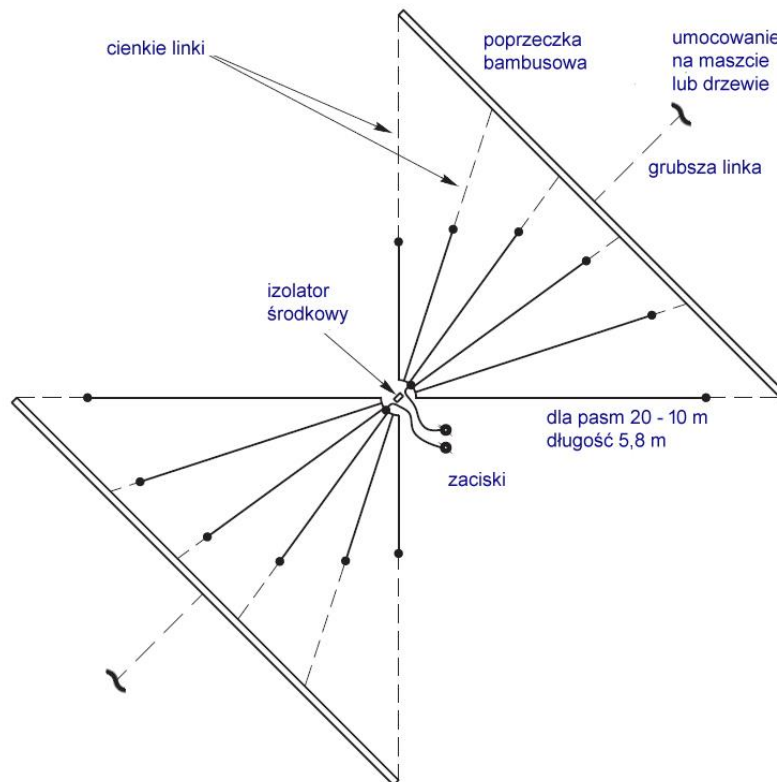
16 grudnia 2023

1. Anteny krótkofalowe

1.1. Anteny dipolowe

1.1.1. Szerokopasmowa antena wachlarzowa

Konstrukcja anteny pokrywającej zakres 20 – 10 m składa się z sześciu dipoli rozmieszczonych co 18° , tak że kąt między skrajnymi dipolami jest kątem prostym. Rozwiązanie takie jest dobrym kompromisem zapewniającym najszerszy i ciągły zakres pracy. Przy bliskim rozmieszczeniu elementów czyli przy większej liczbie dipoli albo przy kącie między skrajnymi mniejszym od prostego, a co za tym idzie silniejszym sprzężeniu między nimi, WFS pomiędzy częstotliwościami rezonansu przyjmuje duże wartości uniemożliwiające dopasowanie anteny. Antena zamiast szerokopasmowej staje się kilkupasmową. W przyjętym rozwiązaniu WFS w zakresie powyżej rezonansu najdłuższego elementu nie przekracza w przybliżeniu 3, dzięki czemu antena daje się łatwo dopasować za pomocą typowych automatycznych skrzynek antenowych. Poniżej tego rezonansu WFS przyjmuje wysokie wartości. Charakterystyka dopasowania odpowiada więc charakterystyce filtra górnoprzepustowego o częstotliwości granicznej zbliżonej do rezonansu najdłuższego dipola.

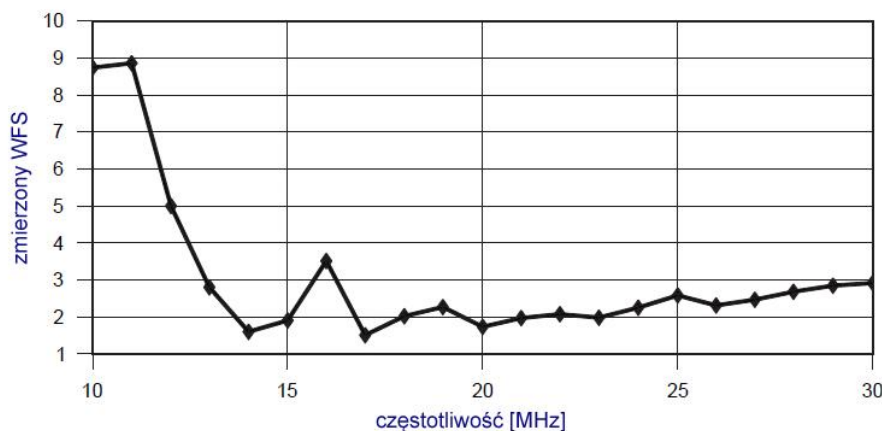


QX2211-Larkin08

Rys. 1.1.1.1. Konstrukcja anteny wachlarzowej rozwieszanej poziomo między dwoma drzewami lub masztami. Konieczne są, nie narysowane, dodatkowe linki stabilizujące poprzeczki w płaszczyźnie poziomej

Zakres częstotliwości pracy anteny ma szerokość około 3:1, w pewnej mierze dzięki ograniczeniu sprzężeń między dipolami, a częściowo również dzięki temu, że dla wyższych częstotliwości dipole pracują jako 1,5-falowe, a nie jako półfalowe. Przebieg impedancji w funkcji częstotliwości powtarza się więc w pobliżu trzeciej harmonicznej (i kolejnych nieparzystych harmonicznych). Korzystny stosunek długości najkrótszego do najdłuższego dipola i zarazem stosunek ich częstotliwości rezonansowych wynosi $\sim 0,5$ skąd wynika (dla 6 dipoli) skok długości kolejnych dipoli około 0,87 – jako pierwiastek piątego rzędu z 0,5. Ujmując to matematycznie: długości dipoli tworzą ciąg geometryczny

o ilorazie 0,87. Długości dipoli zostały dobrane eksperymentalnie przez konstruktora. Wymiar najdłuższego dipola jest obliczony ze wzoru dla dipola półfalowego $l [m] = 143 v / f [MHz]$, gdzie v jest współczynnikiem skrócenia 0,99 – 0,95 zależnym od grubości przewodu i wpływu ewentualnej izolacji.

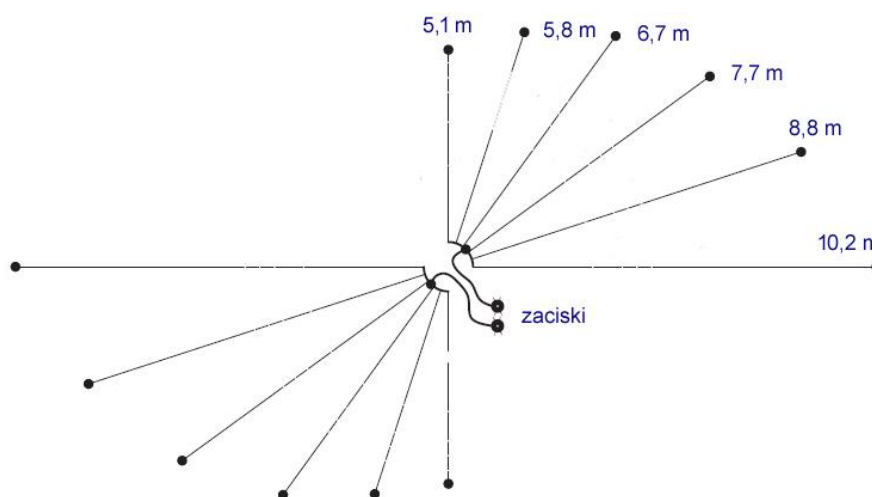


QX2211-Larkin07

Rys.1.1.1.2. Zmierzony przebieg WFS anteny na pasma 20 – 10 m dla systemu 50-omowego. Wyraźnie widoczny górnoprzepustowy charakter anteny

Przy stosunku częstotliwości krańcowych dipoli zbliżonym do 1 (przykładowo 0,8) antena zachowuje się jak dipol wcięciowy (Nadienienki) o jednej częstotliwości rezonansowej i paśmie szerszym niż dla pojedynczego przewodu. Dla stosunków niższych od 0,5 (przykładowo 0,35) pomiędzy częstotliwościami rezonansowymi dipoli pojawiają się zakresy o wysokim WFS i antena staje się anteną kilku- a nie szerokopasmową. Konstruktor zaleca wypróbowanie wartości zbliżonych do 0,5.

Kierunkowa charakterystyka promieniowania anteny nie jest stała, a zmienia się z częstotliwością pracy wskutek wachlarzowego rozmieszczenia dipoli. Różni się ona zdecydowanie od charakterystyki kierunkowej dipola i składa się z kilku listków. W promieniowaniu anteny biorą udział przeważnie 3 – 4 dipole.



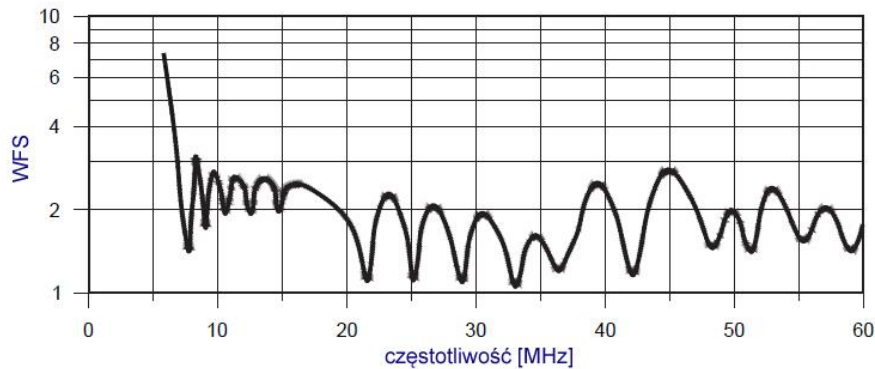
QX2211-Larkin01

Rys. 1.1.1.3. Konstrukcja anteny wachlarzowej na pasma od 40 m wzwyż. Kąty pomiędzy dipolami wynoszą 18 stopni. Na rysunku podane są długości połówek dipoli

Konstrukcja z rysunku 1.1.1.1 ma dolną częstotliwość graniczną 12 MHz, połowka najdłuższego dipola ma długość 5,8 m, a jako iloraz ciągu konstruktor przyjął wartość 0,85. Przebieg WFS w funkcji częstotliwości w systemie 50-omowym przedstawia rys. 1.1.1.2. Najwyższa wartość współczynnika fali stojącej wynosi około 3,5 i przypada na zakres w pobliżu 16 MHz.

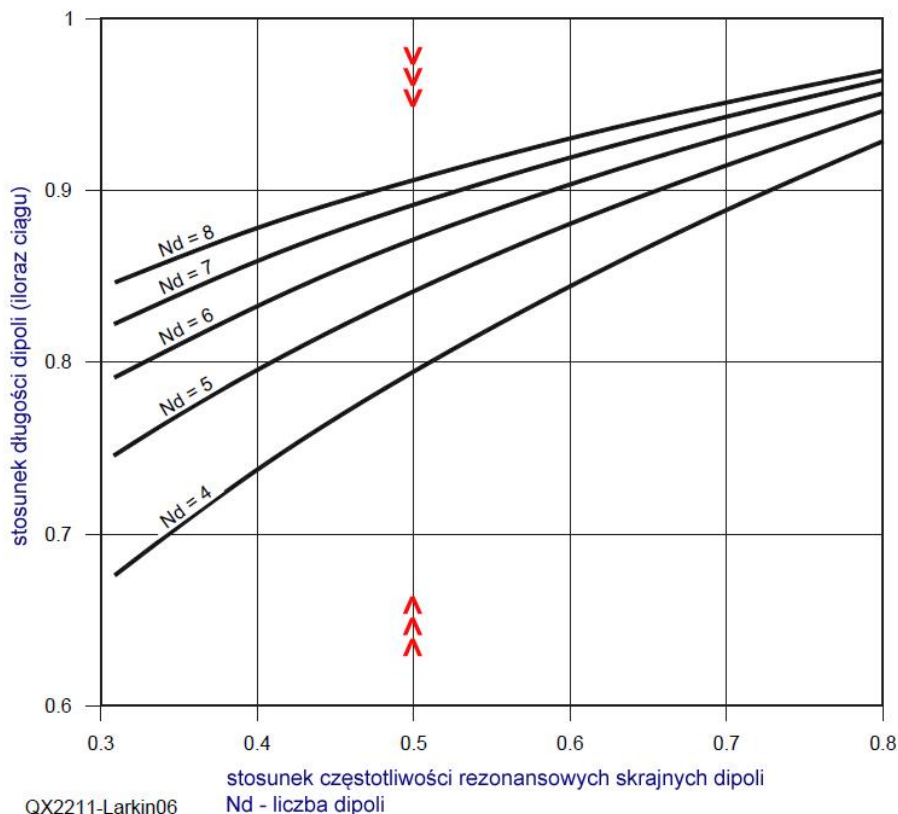
Antena jest wykonana z przewodu o średnicy 1 mm przedłużonego za pomocą linki izolacyjnej tak aby końce elementów można było umocować na poprzeczkach z materiału izolacyjnego (w oryginalnej konstrukcji były to poprzeczki bambusowe). W wariantcie odwróconego V potrzebny jest tylko pojedynczy maszt.

Konstrukcja z rysunku 1.1.1.3 pracuje w pasmach od 7 MHz do 30 MHz i w paśmie 50 MHz (dla rezonansów przy $5/2$ długości fali). Długości połówek dipoli wynoszą 10,2, 8,8, 7,7, 6,7, 5,8 i 5,1 m, a iloraz ciągu – 0,87. Przebieg WFS przedstawiono na rysunku 1.1.1.4.



QX2211-Larkin02

Rys. 1.1.1.4. Przebieg WFS dla anteny z rys. 1.1.1.3 obliczony przez NEC2 dla systemu 175-omowego



QX2211-Larkin06

stosunek częstotliwości rezonansowych skrajnych dipoli
Nd - liczba dipoli

Rys. 1.1.1.5. Zależność stosunku długości dipoli w zależności od stosunku rezonansów skrajnych dipoli i ich liczby Nd

[1.1.1.1] „Broadband Tapered-Length Fan Dipole Antennas“, Bob Larkin, W7PUA, QEX 11-12/2022 str. 21

[1.1.1.2] „Collection of Broadband HF Antenna Designs“, J. Pawłowski, SP3L, QEX 3-4/2020 str. 16 i 5-6/2020 str. 28

1.1.2. Dwoelementowa antena kierunkowa na pasma 6 – 20 m

Opracowana w latach 1960-tych w Ameryce Południowej antena o dźwięcznej (i wdzięcznej) nazwie *Maria Maluca* pracowała w pasmach 10, 15 i 20 m. Składała się ona promiennika, zasilanego płaskim kablem telewizyjnym na pasmo 15 m, i direktora dostrojonego do pasma 10 m. W obu tych pasmach dawała mierzalny zysk antenowy. Jej zysk w pasmie 20 m był zbliżony do zysku dipola półfalowego.

W wyniku komputerowej optymalizacji tej konstrukcji – za pomocą programu MININEC – otrzymano 6-pasmowa antenę pokrywającą pasma 6 – 20 m. Celem optymalizacji było uzyskanie możliwie dużego zysku kierunkowego przy stosunkowo niedużych wymiarach oraz możliwie korzystnego przebiegu impedancji wejściowej w funkcji częstotliwości w pasmach amatorskich. Długość nośnika anteny wynosi 1,5 a promień obrotu 3,9 m. Uzyskane wyniki przedstawia tabela 1.1.2.1.

Tabela 1.1.2.1. Parametry sześciopasmowej anteny *Maria Maluca*

Pasma [m]	Impedancja wejściowa* [Ω]	Zysk w stosunku do dipola [dBd]	Zysk na wysokości 12 m** [dBi]	Kąt rozwarcia wiązki w pionie [°]	Tłumienie wsteczne [dB]
20	28,4 – j275	0,1	8,13	23,5	0,43
17	56,9 – j62	1,2	8,45	18,6	2,63
15	34,3 + j80	5,1	12,44	15,7	13,72
12	144,7 + j317	3,1	10,64	14,0	-7,86
10	379 + j672	2,6	10,51	12,0	-5,05
6	96,4 – j383	3,4	11,27	7,1	-2,06

Uwagi”

* Impedancja wejściowa w wolnej przestrzeni

** Nad rzeczywistym gruntem o średniej przewodności

Ujemne tłumienie wsteczne w pasmach 6, 10 i 12 m wskazuje, że główna wiązka anteny jest skierowana w przeciwnym kierunku aniżeli w trzech niższych pasmach.



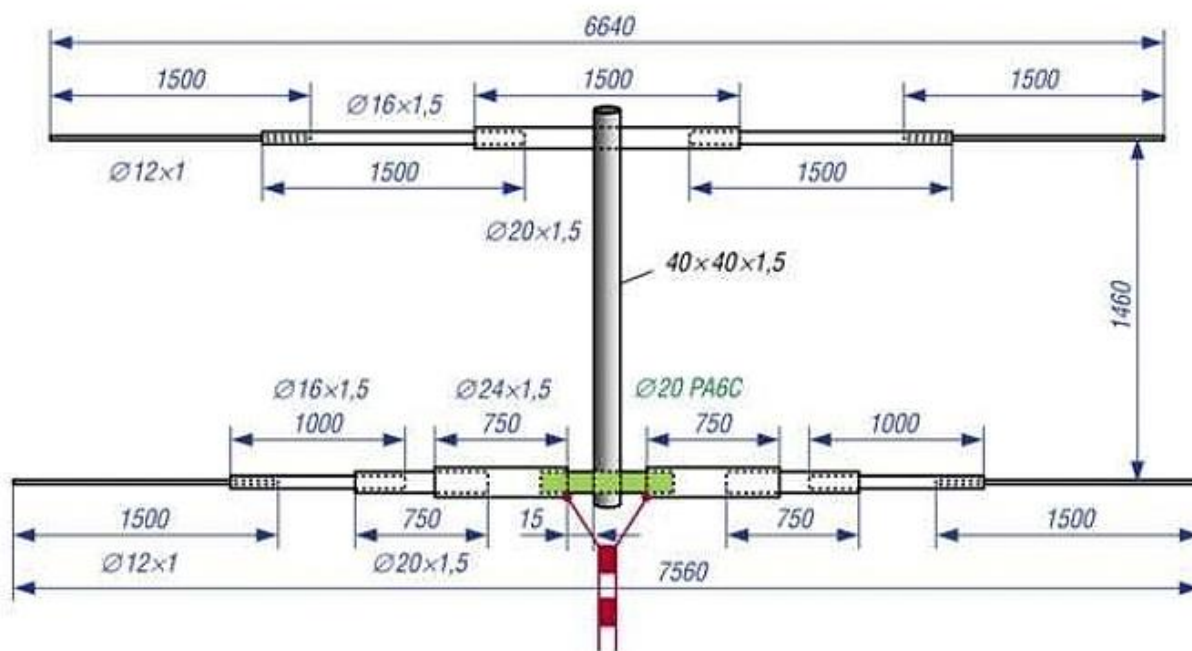
Fot. 1.1.2.1. Umocowanie promiennika

Antena jest wykonana z profili aluminiowych. Nośnik ma przekrój kwadratowy 40 x 40 x 15 mm i na jego końcach znajdują się otwory o średnicach 20 mm do umocowania promiennika i reflektora/direktora. Odstęp między nimi wynosi 1,46 m. Oba elementy, mające odpowiednio długości 7,56 i 6,56 m są zbudowane teleskopowo z rurek o średnicach zewnętrznych 24 do 12 mm (fot.1.1.2.3). Rurki w miejscach połączeń mają po cztery nacięcia pozwalające na ściśnięcie ich obejmami co uniemożliwia przesuwanie się w nich rurek o mniejszej średnicy. Element stanowiący jednocześnie direktor lub

reflektor zależnie od pasma pracy jest połączony galwanicznie z nośnikiem anteny. Pręt z poliamidu wzmocnionego włóknem szklanym o średnicy 20 mm zapewnia natomiast elektryczną izolację elementów promiennika od nośnika w miejscu zacisków anteny. Pręt jest przyciśnięty do krawędzi otworów za pomocą poprzecznie umieszczonej nierdzewnej śruby M8 z kontrnakrętką (fot. 1.1.2.1). Rurki promiennika są nałożone na ten pręt i zaciśnięte na nim za pomocą obejm. Obejmy te służą jednocześnie jako zaciski, do których doprowadzona jest linia zasilająca. Powinny one znajdować się w odległości około 15 mm od ścianki nośnika.



Fot. 1.1.2.2. Symetryzator z kabla płaskiego. Na zdjęciu podłączony do układu pomiarowego



Rys. 1.1.2.3. Konstrukcja anteny. Na zielono zaznaczony pręt izolacyjny z fot. 1.1.2.1

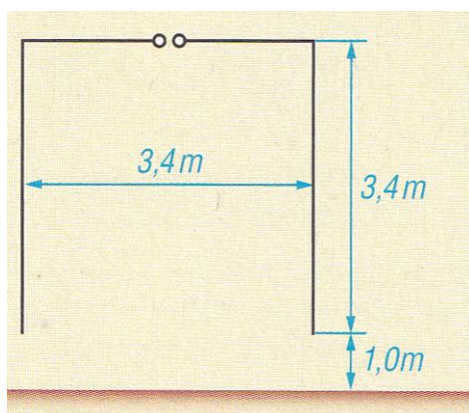
Antena jest zasilana symetrycznie za pomocą płaskiego kabla drabinkowego o impedancji falowej 450 Ω . Charakteryzuje się on niskim tłumieniem, znaczną wytrzymałością i dobrą odpornością na czynniki zewnętrzne. Długość linii zasilającej jest zasadniczo dowolna, ale możliwe jest znalezienie

zakresów długości zapewniających korzystną transformację impedancji wejściowej anteny do wartości, z którymi bezproblemowo radzą sobie wbudowane do radiostacji automatyczne skrzynki antenowe. Zawinięcie ostatnich dwóch metrów kabla na rurkę plastikowej – dające bifilarny dławik cylindryczny zapewnia szerokopasmowe dopasowanie symetrycznego kabla do niesymetrycznego wyjścia nadajnika. Rozwiązanie to zapewnia niskie tłumienie w szerokim zakresie częstotliwości. W paśmie 50 MHz wynosi ono 0,02 dB dla kabla płaskiego firmy „Wireman” (CQ552), a w paśmie 20m przy skutecznej długości zbliżonej do 1/10 długości fali – nawet tylko 0,01 dB.

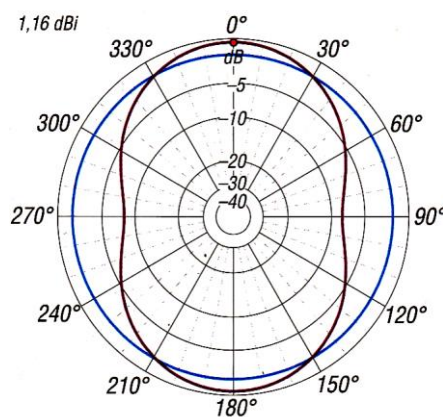
[1.1.2.1] <https://www.amateurfunk-westpfalz.de/bauanleitungen-fuer-antennen/>

1.1.3. Antena dipolowa o załamanych ramionach

Jedną z możliwości ograniczenia rozmiarów anteny jest zagięcie lub załamanie jej elementów. W najprostszym przypadku ramiona dipola są w pewnym miejscu załamane o 90° i skierowane dół. Możliwe jest też skierowanie ich na bok w płaszczyźnie poziomej, ale wówczas konstrukcja zajmuje więcej miejsca aniżeli w przypadku skierowania ramion w dół. Autor opracowania [1.1.3.1] załamał ramiona dipola o długości 9,8 m dla pasma 20 m (14,1 MHz) tak, że powstał otwarty kwadrat mający trzy boki o długościach po 3,4 m. Końce ramion znajdowały się na wysokości 1 m nad powierzchnią ziemi. Bliskość ziemi spowodowała konieczność przedłużenia pionowych części do wymiarów podanych na rysunku. Charakterystyka kierunkowa anteny w płaszczyźnie poziomej jest w przybliżeniu dookólna. Zysk kierunkowy wynosi około -0,53 dBi oporność promieniowania 24Ω . Przy tej impedancji możliwe jest dopasowanie anteny do linii 50-omowej za pomocą transformatora ćwierćfalowego o impedancji falowej $37,5 \Omega$ otrzymanego przez równoległe połączenie dwóch ćwierćfalowych odcinków kabla 75Ω . Sposób ten daje bardzo dobre dopasowanie anten wykonanych w technice 28-omowej, ale przy 24Ω WFS nie przekracza 1,2.



Rys. 1.1.3.1. Konstrukcja i wymiary anteny



Rys. 1.1.3.2. Charakterystyka promieniowania anteny o załamanych ramionach (linia niebieska) w porównaniu z charakterystyką dipola prostego (linia fioletowa)

Antena została wykonana z linki miedzianej w izolacji z PCW o średnicy zewnętrznej 3 mm. Dalsze załamywanie anteny tak, żeby powstał kwadrat o czterech bokach albo nawet o końcach zachodzących na siebie powoduje obniżenie oporności promieniowania anteny do 11Ω w pierwszym przypadku i $2,3 \Omega$ w drugim. Oznaczało to wyraźne obniżenie sprawności anteny. Przypadkiem krańcowym na tej drodze byłoby połączenie końców dipola z pomocą kondensatora o zmiennej pojemności – w wyniku czego powstałaby antena magnetyczna, która jak wiadomo charakteryzuje się bardzo niską opornością promieniowania i sprawnością.

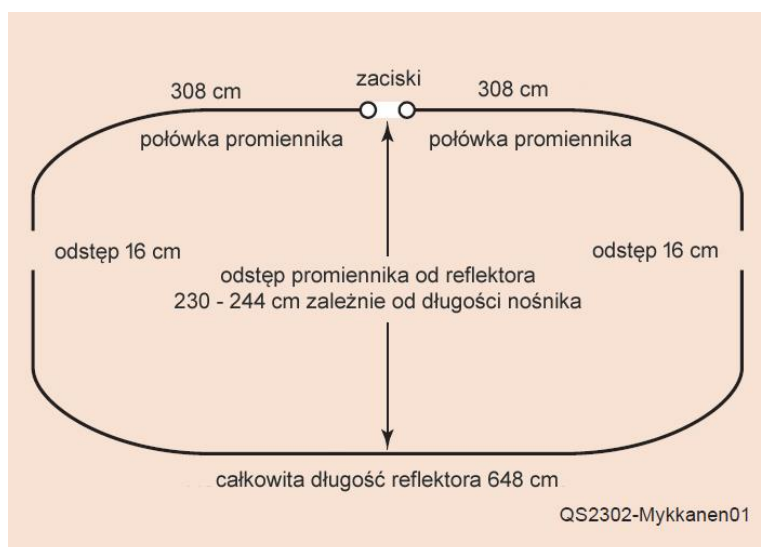
[1.1.3.1] „Platzsparender Aufbau eines Dipols durch Faltung“, Christoph Kunze, DK6ED, *Funkamateureur* 2/2024 str. 136

1.1.4. Owalna antena Moxona na pasmo 15 m



Fot. 1.1.4.1. Wygląd owalnej anteny Moxona

Przeznaczona do pracy terenowej antena Moxona charakteryzuje się małymi wymiarami, znacznym zyskiem i tłumieniem wstecznym oraz dogodnym kątem promieniowania do pracy DX-owej nawet przy montażu na niedużych wysokościach. Zajmuje ona mniej miejsca niż zwykła prostokątna antena Moxona. Symulacja wykazała, że kształt anteny prawie nie wpływa na jej właściwości. Znacznie istotniejszy jest dobór właściwej długości elementów.



Rys. 1.1.4.1. Wymiary anteny

Rozwiązanie stanowi uproszczony wariant konstrukcji KG4JJH z 2003 roku. Antena jest wykonana z 3-metrowych teleskopowych prętów z włókna szklanego od wędek umocowanych na środkach na drewnianych deseczkach o długościach 60 cm i szerokościach 10 cm, które są z kolei przymocowane do nośnika (fot. 1.1.4.2) za pomocą gwintowanych prętów w kształcie litery U. Nośnik anteny wykonany z rurki z włókna szklanego lub aluminiowej albo drewnianego pręta ma długość 244 cm.

Do umocowania nośnika na maszcie konstruktor użył płytek aluminiowych, ale mogą to być również drewniane deseczki (fot. 1.1.4.1). Sposób wykonania zacisków na płycie z pleksiglasu pokazano na zdjęciu 1.1.4.3. Do zasilania anteny użyto kabla koncentrycznego RG-58.

Końce promiennika i reflektora są połączone ze sobą za pomocą izolatorów o długości 16 mm wykonanych z rurek z PCW i długości 20 cm i średnicy 3/4 cala przeciętych wzdłuż. Wycięty w nich otwór i podłużny rowek do zakotwiczenia przewodu antenowego (fot. 1.1.4.4) ułatwiają szybki montaż anteny w warunkach terenowych. Obejma przykręcona na końcu przewodu ułatwia też dopasowanie długości przewodu w trakcie strojenia anteny.



Fot. 1.1.4.2. Umocowanie końców prętów na deseczkach

Fot. 1.1.4.3. Sposób wykonania zacisków



Fot. 1.1.4.4. Izolatory łączące końce promiennika i reflektora

Fot. 1.1.4.5. Podłączenie promiennika

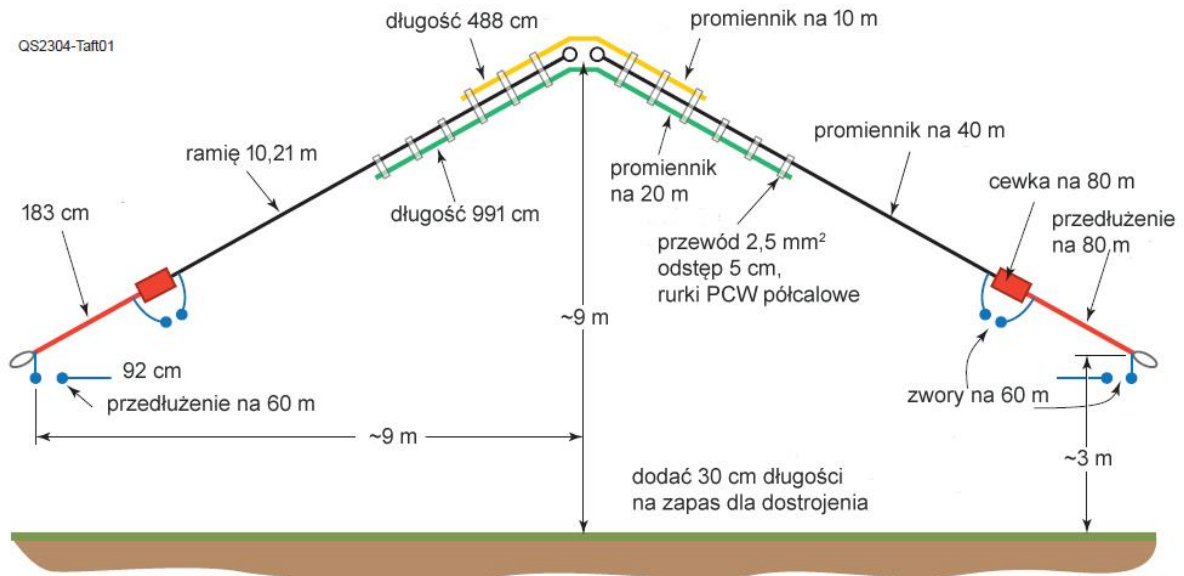
Promiennik i reflektor są wykonane z izolowanego przewodu o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$ i długościach podanych na rys. 1.1.4.1. Na końcach przewodów umieszczone są metalowe obejmy. Obejmy od strony zacisków anteny należy zacisnąć szczypcami i przylutować dla zapewnienia wystarczającej wytrzymałości mechanicznej. Obejmy na przeciwnych końcach przewodu są przykręcone śrubkami.

W celu dostrojenia anteny należy umieścić ją na wysokości co najmniej 2,5 m. Początkowy WFS wynosi około 1,4, a w celu poprawienia go należy ostrożnie skrócić przewody promiennika. Możliwe jest uzyskanie WFS poniżej 1,3. Po zakończeniu strojenia można umieścić antenę na pożądanej wysokości. Konstrukcja jest na tyle lekka, że można ją umieścić nawet na 5-metrowym maszcie. Daje się ona szybko składać i rozkładać i jest dzięki temu łatwa w transporcie do terenowego QTH.

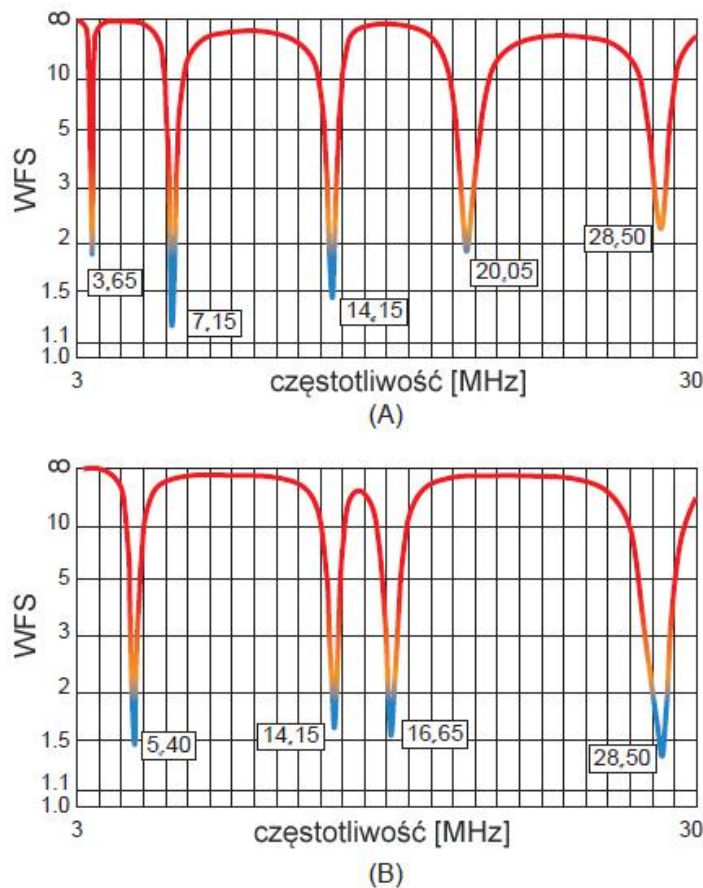
[1.1.4.1] „A 15-Meter Portable Oval Moxon Antena”, Toivo Mykkanen, W8TJM, QST 2/2023 str. 37

1.1.5. Krótkofalowa antena z promiennikami biernymi

Wielopasmowa antena dipolowa umożliwia pracę w pasmach 80, 60, 40, 20, 15 i 10 metrów. Znana z pasm 2 m i 70 cm koncepcja anten z promiennikami biernymi propagowany między innymi przez DK7ZB sprawdza się także w zakresie fal krótkich.



Rys. 1.1.5.1. Konstrukcja i wymiary anteny



Rys. 1.1.5.2. Przebieg obliczony przez EZNEC: A – dla konfiguracji 80, 40, 20, 15, 10 i 6 m, B – dla konfiguracji 60 m, pracuje także w pasmach 20 i 10 m

Koncepcja anten z promiennikami biernymi (ang. *coupled resonator*), czyli sprzężonymi elektromagnetycznie wywodzi się z koncepcji dławików koncentrycznych (ang. *coaxial sleeve*).

Antena zawiera trzy promienniki oddalone od siebie o 5 cm wykonane z przewodu o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$. W antenie pokazanej na rys. 1.1.5.1 zasilany jest promiennik na pasmo 40 m, podczas gdy dwa pozostałe – na pasma 10 i 20 m – są z nim sprzężone elektromagnetycznie. Są one umocowane na promienniku głównym za pomocą rozpórek z PCW. Promiennik na pasmo 40 m posiada cewki i przewody przedłużające dla pasma 80 m i jest wzorowany na opracowaniu [1.1.5.2]. Praca w paśmie 15 m jest możliwa dzięki temu, że jest ono trzecią harmoniczną pasma 40 m, a z kolei pasmo 6 m jest jego siódmą harmoniczną. Na rys. 1.1.5.2 przedstawiony przebieg współczynnika fali stojącej obliczony przez EZNEC. Antena może pracować także w paśmie 60 m po zabocznikowaniu cewek i przedłużeniu promiennika – dokonywanym za pomocą zworek. Z symulowanych komputerowo charakterystyk kierunkowych wynika, że antena pozwala na pracę z falą promieniowaną pionowo (NVIS) w zakresach 80, 60 i 40 m, w pasmach 15 i 10 m fale są promieniowane pod niskimi kątami korzystnymi do pracy DX-owej, a w paśmie 6 m (na siódmej harmonicznej pasma 40-metrowego) charakterystyki zawierają kilka listków. Półfalowe promienniki na pasmach 40, 20 i 10 m zapewniają charakterystyki jedno-listkowe.



Fot. 1.1.5.3. Skrzynka przyłączeniowa z symetryzatorem i dwoma rozpórkami z PCW

Fot. 1.1.5.4. Tył skrzynki przyłączeniowej z rozpórkami. Przewód promiennika dla pasma 10 m znajduje się u góry, dla pasma 20 m – u dołu. Pomarańczowa taśma po bokach rozpórki na przewodzie dla 10 m zapobiega przesuwaniu się go w otworze. Promiennik dla 40 m jest przeprowadzony przez środkowe otwory

Antena jest wsparta na środku na 9-metrowym maszcie z PCW i ma kształt odwróconego V. Całkowita długość przewodu $2,5 \text{ mm}^2$ w izolacji nylonowej zużytego na trzy promienniki wynosi 46 m. Zaciski są umieszczone w plastikowym pudełku od instalacji elektrycznych (fot. 1.1.5.3). Na jego dolnej ścianie umocowane jest też gniazdko koncentryczne, a na górnej – kółko do zawieszenia pudełka.

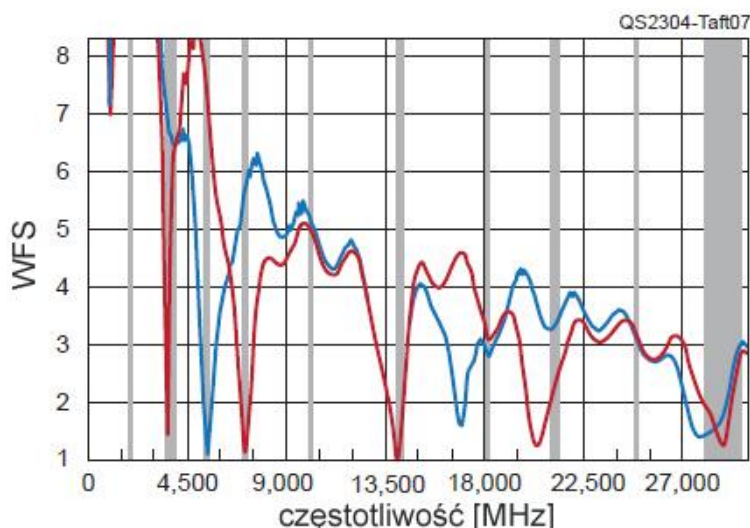
Do wykonania rozpórek użyto rurek z PCW o średnicy pół cala i długościach 18 cm od instalacji elektrycznych. W rozpórkach nawiercone są po trzy pary otworów: na środku i symetrycznie w odległościach po 5 cm od niego (fot. 1.1.5.4). Aby rozpórki nie przesuwwały się na przewodach otwory na środku są wykonane w kierunku prostopadłym do górnych i dolnych. Rozpórki w odległościach przekraczających długość promiennika 10 m mają długości 7,5 cm i po dwie pary otworów prostopadle do siebie.

Symetryzator o przekładni 1:1 jest nawinięty przewodem 4 mm^2 w izolacji na ferrytowym rdzeniu pierścieniowym FT240-31. Składa się on z 2 x 10 – 12 zwojów nawiniętych na sposób W1JR.



Fot. 1.1.5.5. Cewka przedłużająca dla pasma 80 m bez podłączonej zwory. Cewka jest owinięta taśmą izolacyjną dla stabilizacji uzwojenia i zabezpieczenia go przed wpływami otoczenia. Cewka została pomalowana na szaro ze względów estetycznych. Po prawej stronie znajduje się przewód dla pasma 80 m, a po lewej – główna część dipola dla pasma 40 m

Fot. 1.1.5.6. Widok rozpórki dla trzech przewodów



Rys. 1.1.5.7. WFS zmierzony dla anteny rozwieszonej na wysokości 6 m nad powierzchnią ziemi. Wykres czerwony – antena w konfiguracji dla pasm 80, 40, 20, 15, 10 i 6 m, niebieski – dla pasm 60, 20 i 10 m. Szare pionowe prostokąty obrazują położenie pasm amatorskich

Cewki przedłużające dla pasma 80 m są nawinięte przewodem o przekroju 4 mm² na rurkach z PCW o średnicy 7,5 mm i długości 14 cm. Dla częstotliwości emisji cyfrowych składają się one z 81 zwojów przewodu, a w pobliżu górnego krańca pasma 3,5 MHz powinno ich być o kilka mniej. Przewody promiennika należy przeciągnąć przez otwory na krańcach cewek i połączyć śrubami z przewodem cewki. Przewody promienników powinny mieć długości podane na rys. 1.1.5.1 z dodatkiem po 30 cm dla dostrojenia anteny. Pracę w paśmie 60 m umożliwiają zwieracze bocznikujące cewki i łączące dodatkowe przedłużenia ramion.

W konstrukcji K1EHZ po dostrojeniu każde z ramion promiennika na zakres 40 m miało długość 10,21 m, przedłużenia dla pasma 80 m – po 183 cm, promiennik dla zakresu 20 m miał długość 9,91 m, promiennik dla pasma 10 m – 4,88 m, a przedłużenia dla pasma 60 m – po 61 cm. Częstotliwości dostrojenia wynosiły 7,2, 14,2 i 28,4 MHz. W europejskim paśmie 40 m częstotliwość dostrojenia powinna leżeć raczej w pobliżu 7,1 MHz. Wąskie pasmo pracy w zakresie 80 m oznacza konieczność wyboru preferowanego podzakresu.

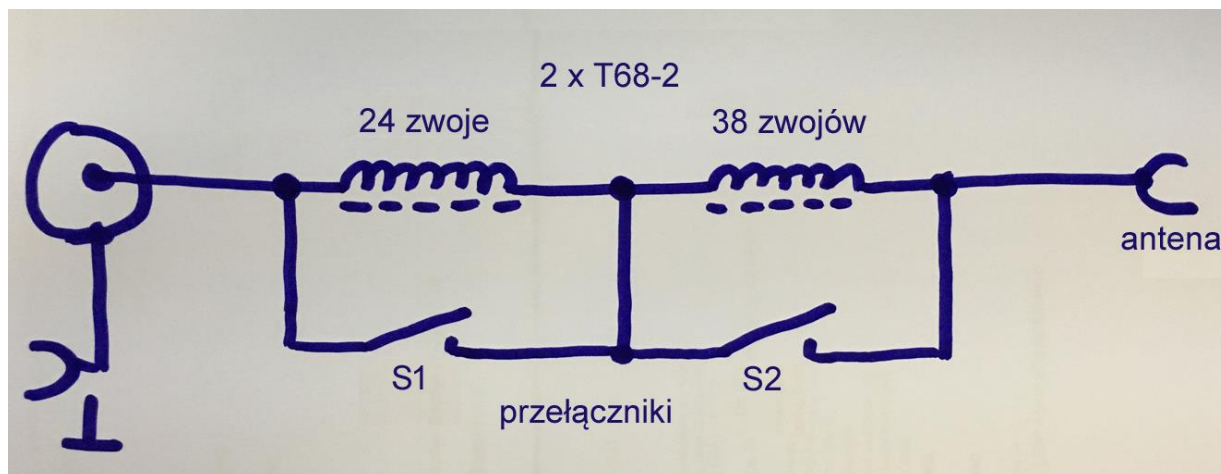
Przebiegi WFS zmierzone za pomocą analizatora antenowego RigExpert AA-54 przedstawiono na ilustracji 1.1.5.7. Minima WFS leżały poniżej 2 na większości pasm. Szerokość minimów wynosiła w przybliżeniu 2 MHz w paśmie 6 m i prawie 3 MHz w paśmie 15 m. W pobliżu pasma 15 m minimum leżało około 20 MHz zamiast dokładnie na trzeciej harmonicznej – 21,6 MHz. Próby praktyczne wykazały, że antena sprawuje się dobrze na wszystkich pasmach. Konstruktor korzystał z automatycznej skrzynki antenowej AT-200Pro firmy LDG Electronics, z tym że naprawdę niezbędna była ona jedynie w paśmie 15 m. Prowadzone były m.in. łączności w sieci Winlinku, a tym w dolnych pasmach także za pośrednictwem fali promieniowanej pionowo (NVIS).

1.2. Anteny pionowe

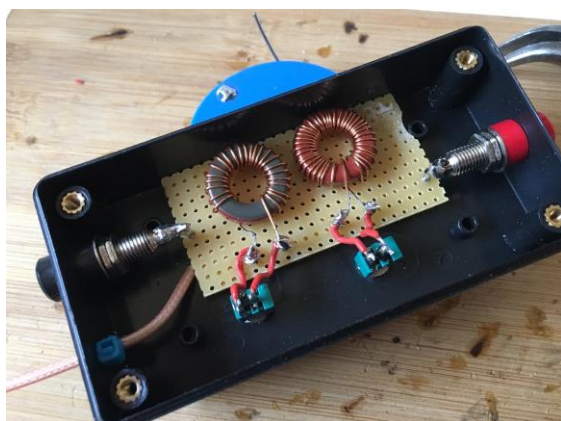
1.2.1. Trzypasmowa antena QRP

Konstrukcja DL4ABB jest wzorowana na opracowaniu anteny na pasma 20 – 40 m grupy „QRP Guys”. Antena pokrywająca pasma 40, 30 i 20 m składa się z pionowego promiennika, czterech przeciwwag i szeregowej cewki przedłużającej o przełączanej indukcyjności. Jest ona przeznaczona do pracy DX-owej QRP z dowolnej lokalizacji. Promiennik i przeciwwagi są wykonane z licy dowolnego typu. Promiennik ma długość 5,18 m, a przeciwwagi – po 3,05 m.

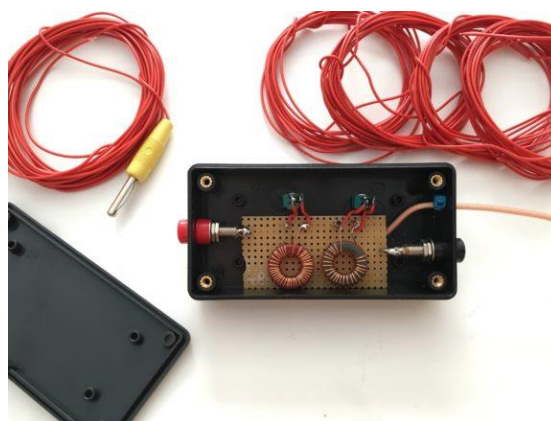
Indukcyjności przedłużające nawinięto na rdzeniach pierścieniowych T68-2 przewodem miedzianym emaliowanym 0,5 mm. Uzwojenia mają odpowiednio 24 i 38 zwojów. Równoległe do nich włączone są przełączniki zwierające S1 i S2. W paśmie 30 m otwarty jest przełącznik S1, a w paśmie 40 m otwarte są oba przełączniki. Maksymalna dopuszczalna moc w.cz. w tym wykonaniu wynosi 10 W. Zmierzone przez konstruktora współczynniki fali stojącej wynosiły w przybliżeniu 1,2 dla pasma 20 m po skróceniu promiennika do 5,08 m, a po około 1,5 dla pozostałych pasm po odwinieciu trzech zwoli L2. Są to oczywiście wartości orientacyjne i zależne od wpływu otoczenia. Dlatego też lepiej jest wykonać antenę o podanej długości i nawinąć pełną liczbę zwojów L2. Następnie można je dobrać do optymalnych wartości. Maszt może mieć dowolną konstrukcję przykładowo składającą się z rurek plastikowych albo z elementów wędkarskich.



Rys. 1.2.1.1. Schemat cewek przedłużających



Fot. 1.2.1.1. Wykonanie obwodu dopasowującego



Fot. 1.2.1.2. Elementy anteny

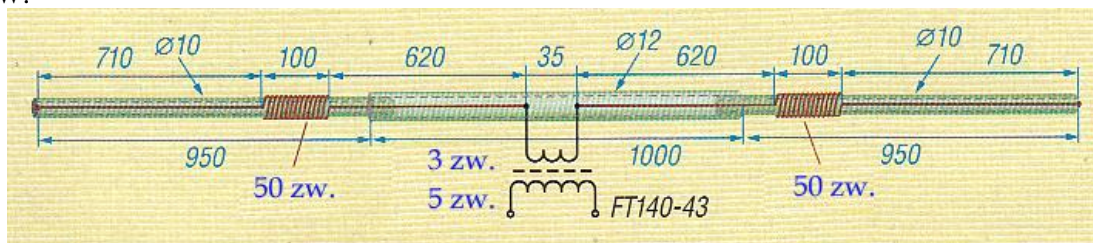
[1.2.1.1] <https://www.hamspirit.de/9889/dreiband-vertikalantenne-fuer-qrp-betrieb/>

[1.2.1.2] <https://qrpguys.com>

1.2.2. Skrócony dipol na pasmo 10 m

Antena została przeznaczona przez konstruktora do montażu pionowego na balkonie jako uzupełnienie istniejącej instalacji antenowej, ale nic nie przemawia przeciwko jej poziomemu montażowi. Antena składa się z trzech odcinków rur z włókna szklanego o całkowitej długości 2,9 m i średnicach 12 i 10 mm, do których jest wciągnięty przewód Cuem \varnothing 1 mm stanowiący ramiona dipola.

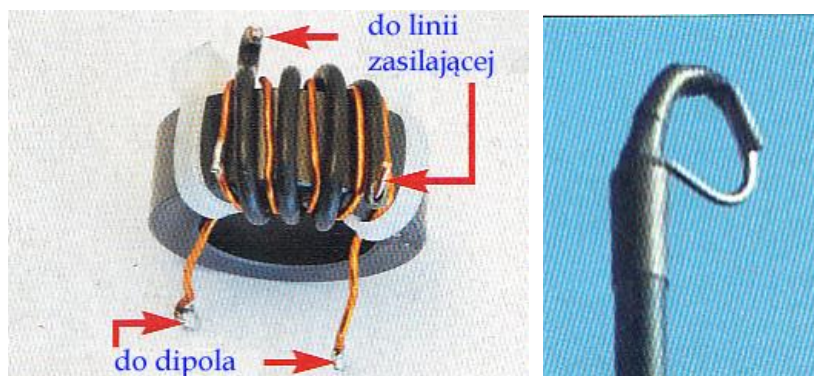
Z tego samego przewodu wykonane są cewki przedłużające. Dla częstotliwości rezonansu 29 MHz indukcyjność cewki musi być równa $3,2 \mu\text{H}$. Dla pasm 12 i 15 m indukcyjności są równe odpowiednio $5 \mu\text{H}$ i $7,5 \mu\text{H}$. Dla cewki $3,2 \mu\text{H}$ przy odstępnie międzyzwojowym 2 mm (podwójna grubość przewodu) i średnicy wewnętrznej 10 mm liczba zwojów wynosi 57 (po uwzględnieniu wpływu pojemności własnej cewki – bez uwzględnienia wynosiłaby ona 68 zwojów). W praktyce okazało się nawet, że wystarczy 50 zwojów. Dla obniżenia rezonansu do około 28,15 MHz konstruktor dodał na jej końcach odcinki przewodu po 8 cm długości stanowiące niewielkie obciążenie pojemnościowe. Sposób wykonania przedstawia ilustracja 1.2.2.4. Przewody i wylot z rury zabezpieczono koszulką termokurczliwą. Otwory w ściankach rurki (na środku i na końcach cewek zostały zaklejone klejem dwuskładnikowym. Wymiary anteny i położenie cewek podano na rys. 1.2.2.1. Z symulacji za pomocą EZNEC wynika impedancja wejściowa 35Ω . Do jej dopasowania do linii 50Ω zastosowano transformator o przekładni 5:3 zwojów nawinięty na rdzeniu pierścieniowym FT140-43. Rdzeń bez problemów wytrzyma moc 100 W.



Rys. 1.2.2.1. Wymiary anteny



Rys. 1.2.2.2. Wykonanie cewki i doprowadzeń. Po lewej stronie widoczny otwór do wnętrza rury, a po lewej sposób zabezpieczenia za pomocą koszulki termokurczliwej



Rys. 1.2.2.3. Sposób wykonania transformatora dopasowującego

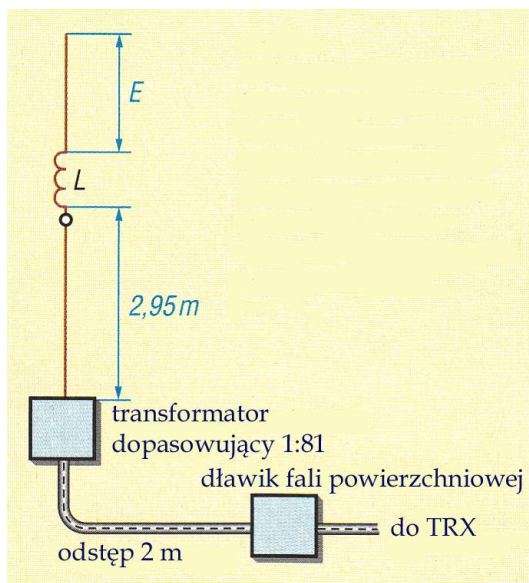
Rys. 1.2.2.4. Wykonanie i zabezpieczenie końcówek przedłużających dipoln

[1.2.2.1] „10-m-Kurzdipol für die Antennenanlage auf dem Balkon“, Klaus Solbach, DK3BA, *Funkamateureur* 12/2023 str. 964

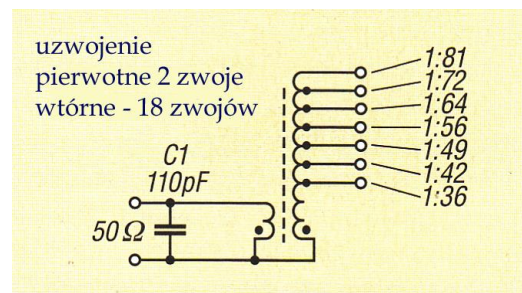
1.2.3. Skrócona antena pionowa na pasma 15 m, 17 m i 20 m

Antena składa się z 6-metrowego pręta z włókna szklanego (wędkę) służącego jako nośnik dla dwóch odcinków przewodu połączonych ze sobą za pomocą cewki przedłużającej umieszczonej w przybliżeniu na 2/3 wysokości anteny (rys. 1.2.3.1). Długości górnego odcinka E i liczbę zwojów cewek dla poszczególnych pasm podano w tabeli 1.2.3.1. Należy początkowo wykonać odcinek E nieco dłuższy i skracać do w trakcie dostrajania anteny. Wpływ na rezonans anteny mają m.in. sposób nawinięcia cewek (grubość przewodu i odstęp między zwojami) i ich pojemności własne.

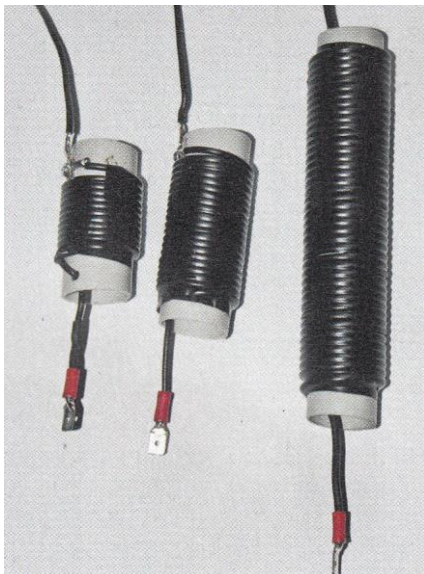
Cewki są nawinięte na odcinkach rury z PCW o średnicy 25 mm (fot. 1.2.3.3). Skrócenie wynosi około 45 % dla pasma 20 m, 60 % dla pasma 17 m i 70 % dla pasma 15 m. Zaletą konstrukcji jest to, że nie potrzebuje ona przeciwwag. Wymaga to jednak zastosowania dławika tłumiącego falę powierzchniową na kablu zasilającym.



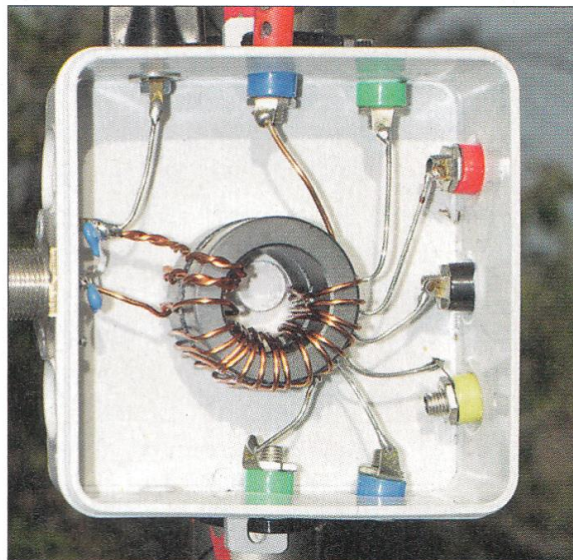
Rys. 1.2.3.1. Schemat i wymiary anteny



Rys. 1.2.3.2. Schemat transformatora dopasowującego



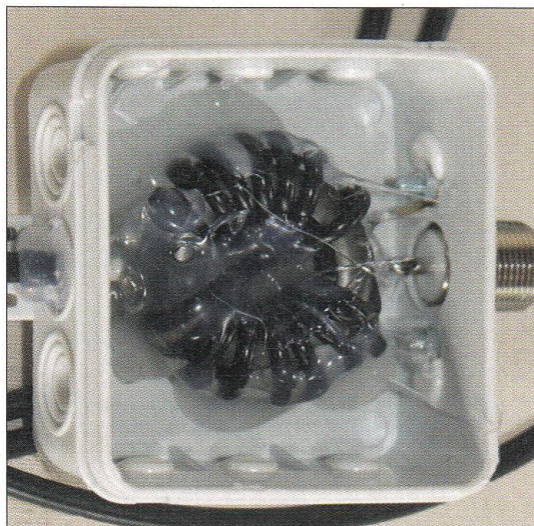
Fot. 1.2.3.3. Wykonanie cewek przedłużających



Fot. 1.2.3.4. Wykonanie transformatora

Do jej zasilania na dolnym końcu służy transformator magnetyczny o przekładni oporowej 1:81 (napięciowej 1:9). Schemat rozwiązania przedstawia rys. 1.2.3.1, schemat transformatora dopasowującego rys. 1.2.3.2 a sposób wykonania fot. 1.2.3.4. Transformator jest nawinięty przewodem Cuem o średnicy

1,2 mm na rdzeniu pierścieniowym FT140-43. Uzwojenie pierwotne zawiera dwa zwoje, a wtórne 18 zwojów z odczepami pozwalającymi na dobór przekładni. Maksymalna przekładnia oporowa wynosi 1:81 co daje dopasowanie do impedancji 4 k Ω . Maksymalna dopuszczalna moc nadawania dla emisji SSB i CW wynosi 200 W, dla emisji ciągłych jak RTTY czy FT8 jest ona niższa. Transformator można także nawinąć na rdzeniach T130-6 albo T130-2.



Fot. 1.2.3.5. Wykonanie dławika

Transformator i dławik dla fali powierzchniowej umieszczono w plastikowych puszkach od instalacji elektrycznych. Dławik jest nawinięty (na sposób W1JR) również na rdzeniu FT140-43 i składa się z 2 x 7 zwojów kabla koncentrycznego RG174. Kabel jest przyklejony do rdzenia klejem na gorąco. Dzięki umieszczeniu dławika w odległości 2 m od transformatora ekran kabla stanowi miniprzeciwwagę poprawiającą pracę transformatora.

Elementy promiennika i cewki są wykonane z tego samego przewodu – licy miedzianej 1,5 mm² w izolacji PCW. Uzwojenia cewek zostały przyklejone taśmą izolacyjną. Na dolnych końcach cewek znajdują się odcinki przewodu długości 5 cm zakończone kontaktem. W ten sposób dolny element anteny o długości 2,90 m zostaje przedłużony do 2,95 m. Górny odcinek E jest połączony na stałe z cewką przedłużającą.

Tabela 1.2.3.1

Liczba zwojów cewki przedłużającej i długość odcinka E

Pasma [m]	Liczba zwojów	Długość odcinka E [m]
15	11	1,92
17	20	1,82
20	41	1,85

Tabela 1.2.3.2

Dane transformatora dopasowującego

Odczep na zwoju	Stosunek uzwojeń	Przekładnia oporowa
18	1:9	1:81
17	1:8,5	1:72
16	1:8	1:64
15	1:7,5	1:56
14	1:7	1:49
13	1:6,5	1:42
12	1:6	1:36

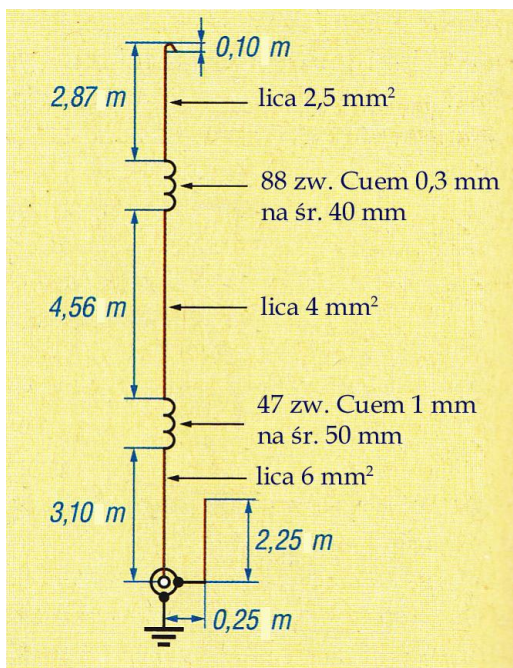
Dolny odcinek jest przyklejony taśmą albo przywiązany wiązadłami do nośnika. Do podłączenia cewek służą wtykane kontakty z instalacji samochodowych. Zamiast nich można zastosować kostki od instalacji elektrycznych. Do przymocowania górnego odcinka służą wiązadła rozpinane. Można go również nawinąć spiralnie na pręcie i wówczas wystarczy jedno wiązadło u góry.

Pokrywane zakresy są węższe niż dla dipoli półfalowych ale w praktyce wystarczają do pokrycia całych pasm z WFS poniżej 1,5 po dobraniu optymalnej przekładni transformatora. Wpływ na nią wywiera m.in. otoczenie anteny.

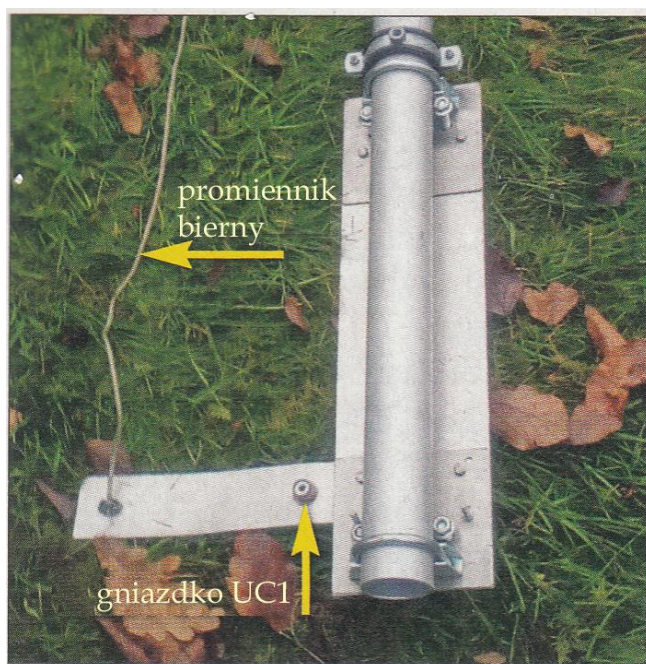
[1.2.3.1] „Verkürzte EFHW-Vertikalantennen für 15 m, 17 m und 20 m“, Martin Steyer, DK7ZB, *Funkamateurl* 5/2023 str. 381.

1.2.4. Skrócona antena pionowa na pasma 10 m, 15 m i na dolne pasma

Antena składa się z podzielonego na trzy elementy promiennika na pasma 15 m, 80 m i 160 m i sprzężonego elektromagnetycznie promiennika na pasmo 10 m (rys. 1.2.4.1). Zestaw pasm jest dostosowany do warunków licencji dla niemieckiej klasy E. Dolny element promiennika jest dostrojony do pasma 15 m. Powyżej znajduje się oddzielony za pomocą dolnego dławika element dla pasma 80 m. Najwyższy element oddzielony górnym dławikiem pozwala na pracę w paśmie 160 m. Dzięki znacznemu odstępowi rezonansów pasm 15 m i 80 m dolny dławik skutecznie separuje dolny element od reszty anteny. Mniejsza różnica częstotliwości rezonansu w pasmach 80 i 160 m powoduje, że separacja środkowego elementu od górnego jest znacznie słabsza. Rezonans w paśmie 10 m zapewnia dodatkowy promiennik bierny umieszczony z boku głównego w odległości 0,25 m. Jest on uziemiony i sprzężony elektromagnetycznie z promiennikiem głównym.



Rys. 1.2.4.1. Schemat i wymiary anteny



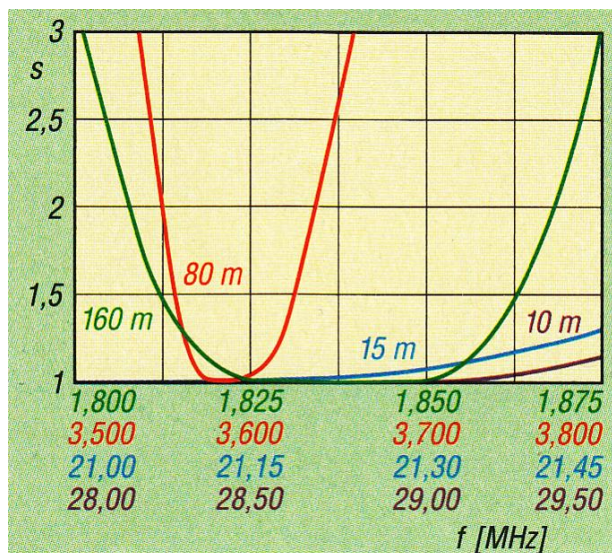
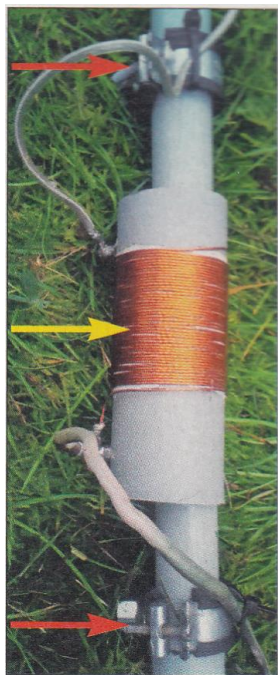
Fot. 1.2.4.2. Podstawa anteny

Całkowita wysokość anteny wynosi 10 m. W jej konstrukcji wykorzystano 10-metrowy pręt (wędkę) z włókna szklanego. Konstrukcja i uruchomienie anteny upraszczają się w stosunku do innych anten wielopasmowych dzięki zastąpieniu obwodów rezonansowych (pułapek) przez dławiki separujące. Pręt nośny stoi stabilnie i nie wymaga odciągów. Konstrukcję podstawy anteny i dolnego dławika przedstawiono na ilustracjach 1.2.4.2 i 1.2.4.3.

Elementy promiennika są wykonane z licy głośnikowej o różnych przekrojach w izolacji. Przekroje zostały dobrane w zależności od natężenia prądu w.c.z. Cztery przeciwagi o długości 10 m zostały wykonane z licy głośnikowej o przekroju 6 mm².

Cewki są nawinięte drutem Cuem 1 mm zwoj obok zwoju na rurze z PCW o średnicach 40 i 50 mm. Do umocowania elementów promiennika i końcówek cewek użyto obejm metalowych.

Szerokość pasma dla WFS poniżej 2 wynosi 80 kHz w zakresie 3,5 MHz i 50 kHz w zakresie 1,8 MHz. W całym szerokościach pasm 10 i 15 m WFS leży poniżej 1,5.



Fot. 1.2.4.3. Wykonanie dolnej cewki. Czerwone strzałki wskazują metalowe obejmy, a żółta – cewkę

Rys. 1.2.4.4. Przebieg WFS w pasmach pracy

[1.2.4.1] „Verkürzte Vertikalantenne für 10 m, 15 m und die Lowbands“, Dipl.-Ing. Christoph Kunze, DK6ED, *Funkamateure* 9/2023 str. 714.

1.2.5. Szerokopasmowe anteny GP

Anteny oparte na zasadzie WBV (ang. *wide band vertical*) posiadają dodatkowy promiennik bierny sprzężony elektromagnetycznie z głównym promiennikiem. Jest on krótszy od głównego promiennika i w ten sposób zapewnia rezonans i dopasowanie (drugie lokalne minimum WFS) na częstotliwości wyższej od głównej. Wypadkowo otrzymuje się szerszą charakterystykę niskiego WFS czyli poszerzenie pasma pracy anteny.

Główny promiennik na pasmo 80 m ma wysokość 1/4 fali – 21 metrów i był w pierwotnej konstrukcji wykonany z profilu metalowego o przekroju kwadratowym 80 x 80 mm. Antena była początkowo wyposażona w 40 przeciwwag o długości 20 m. Liczbę przeciwwag można jednak bez problemu obniżyć do 10. W zmodyfikowanej antenie promiennik bierny o wysokości 19 m stanowi pętla z drutu mająca szerokość 3 – 3,5 cm, a promiennik główny o wysokości 21 m pętla z drutu o szerokości 10 cm. W jej konstrukcji zastosowano rozporki teflonowe dla otrzymania stabilnej konstrukcji.

Dodanie biernego promiennika powoduje nie tylko rozszerzenie zakresu pracy anteny ale również wzrost impedancji wejściowej z 37 Ω do około 50 Ω z niewielką składową urojoną pod warunkiem doboru odległości i długości promiennika biernego. Musi on być też cieńszy od głównego promiennika. Dobry eksperymentalnie odstęp obu promienników dający możliwie niski kąt promieniowania wynosi 1,2 m dla anteny pracującej w paśmie 80 m. Niższy WFS uzyskuje się jednak przy odstępie 1,6 m. Dla częstotliwości 3,5 MHz uzyskano impedancję wejściową $Z = 55 + j2,7 \Omega$ i WFS około 1,11, dla 3,6 MHz – $Z = 60 + j0,8 \Omega$ i WFS 1,2, natomiast dla 3,7 MHz – $Z = 40 - j0,26 \Omega$ i WFS – 1,25.

Zmodyfikowaną konstrukcję przedstawia ilustracja 1.2.5.1. Charakterystyka kierunkowa anteny jest prawie dookólna.

Wymiary anteny oblicza się z poniższych wzorów:

$\lambda_M = 3 \times 10^8 / f_M$ gdzie f_M jest częstotliwością środka zakresu pracy,

długość głównego promiennika wynosi

$$l_{pr} = 1,029 \lambda_M / 4$$

długość promiennika biernego

$$l_{pb} = 0,887 / 4$$

odstęp między promiennikami wynosi

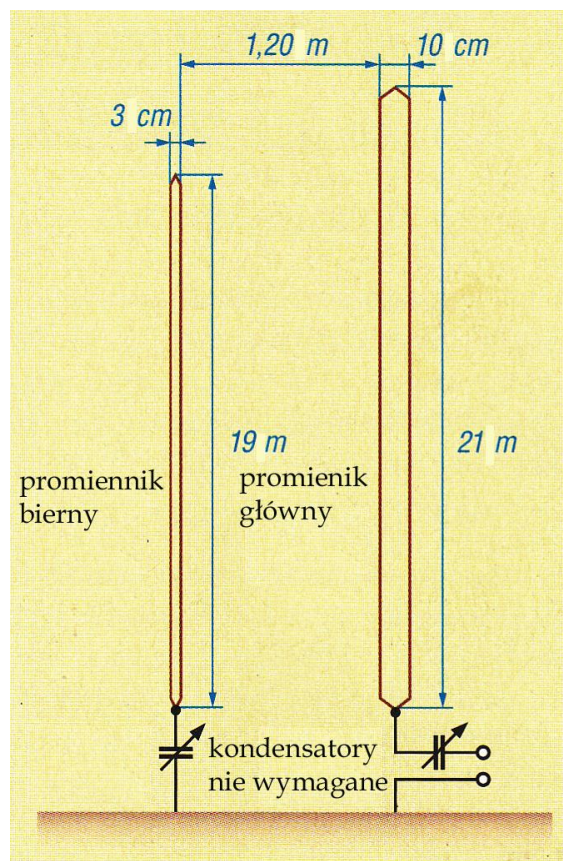
$$d = 0,02 \lambda_M$$

promień głównego promiennika

$$r_{pr} = 0,001 \lambda_M$$

a promień biernego promiennika

$$r_{pb} = r_{pr} / 3.$$



Rys. 1.2.5.1. Wymiary konstrukcja anteny

[1.2.5.1] „Neues Konzept für breitbandige Groundplane-Antenne“, Jörg Süssenbach, DF9LJ, *Funkamateurl* 2/2023 str. 124.

1.2.6. Antena HB9XBG

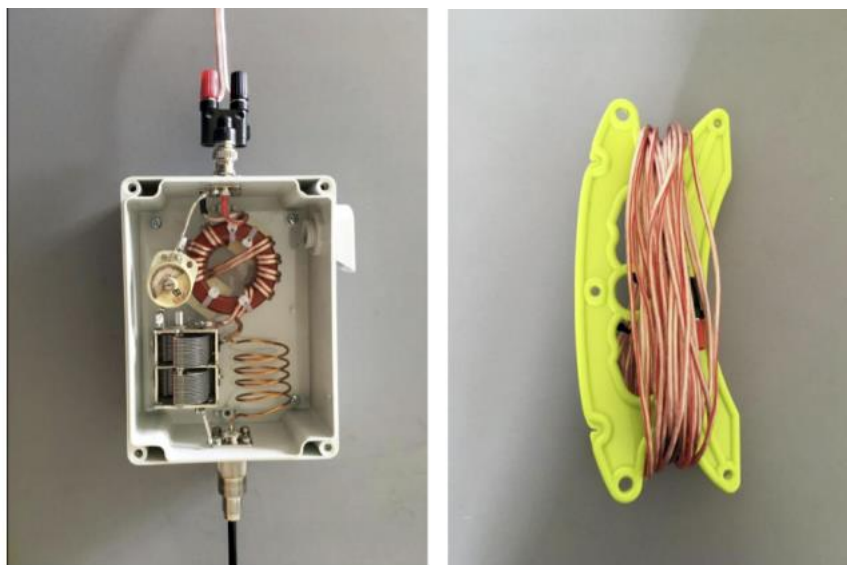
Antena HB9XBG jest pionową anteną półfalową wyposażoną w dodatkowy element ćwierćfalowy – oba są przedłużeniem linii o impedancji falowej 100Ω umocowanej na maszcie antenowym. Antena pracuje jako pionowy dipol z falą powierzchniową.

Nie wymaga ona stosowania przeciwwag i dzięki temu zajmuje stosunkowo mało miejsca. Istotnym elementem, zapewniającym w ogóle promieniowanie anteny jest dławik blokujący falę powierzchniową. Fala powierzchniowa płynąca po zewnętrznej powierzchni ekranu kabla koncentrycznego powstaje w wyniku konieczności wyrównania potencjałów między symetryczną i niesymetryczną stroną układu. Efekt powierzchniowy powoduje, że zewnętrzna strona ekranu stanowi dla wielkiej częstotliwości oddzielny (trzeci) przewód w kablu koncentrycznym. Prądy płynące w nim powodują promieniowanie fali. Bez dławika blokującego w odcinku linii 100-omowej płynęłyby prądy symetryczne zasilające antenę i składowa prądu powierzchniowego.

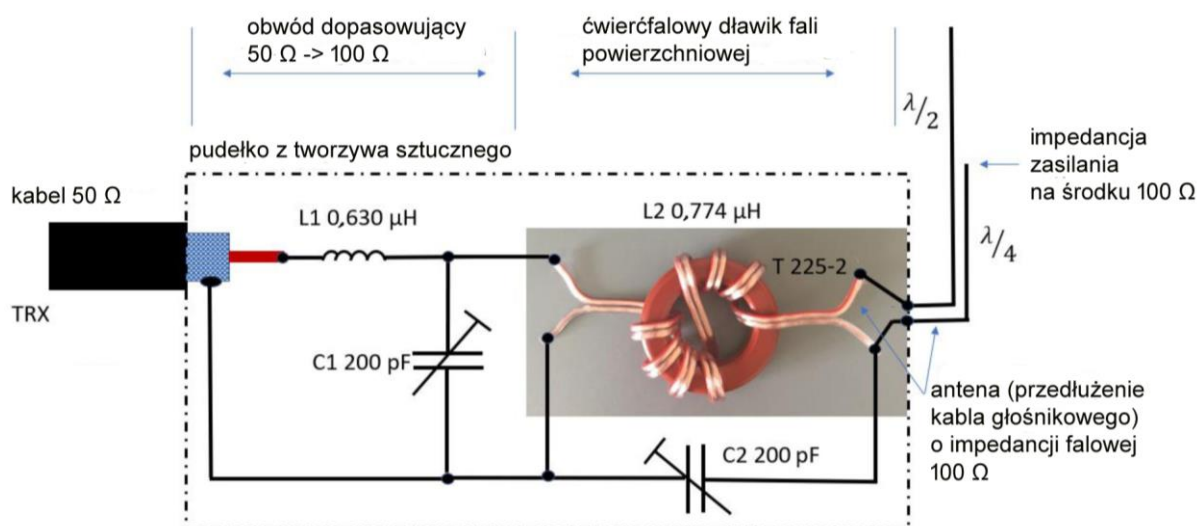
Impedancja wejściowa anteny $100\ \Omega$ daje się łatwo dopasować do impedancji systemowej $50\ \Omega$ bez korzystania ze skomplikowanych obwodów dopasowujących. Odcinek linii zasilającej łączący wyjście obwodu dopasowującego z zaciskami promiennika wykonano z kabla głośnikowego $2 \times 2,5\ \text{mm}$ w izolacji z PCW. Impedancja falowa tego kabla jest zbliżona do $100\ \Omega$.

Konstruktor oparł się na zależności impedancji wejściowej symetrycznego dipola pionowego od jego odległości od powierzchni ziemi. W przypadku gdy dolny koniec dipola znajduje się na wysokości zbliżonej do $1/80$ fali impedancja wejściowa wynosi $100\ \Omega$. W konstrukcji HB9XBG zaciski anteny znajdują się na wysokości około $20\ \text{cm}$ co zapewnia również impedancję wejściową $100\ \Omega$.

Obwód dopasowujący i dławik są umieszczone w plastikowej wodoszczelnej obudowie. HB9XBG wraz z HB9BFM zrealizowali i wypróbowali praktycznie z dobrymi wynikami anteny na pasma 20 i $40\ \text{m}$ – odpowiednio na masztach 22 i $10\ \text{m}$, dla mocy 100 i $1000\ \text{W}$.



Fot. 1.2.6.1. Wykonanie obwodów w wersji $100\ \text{W}$ Fot. 1.2.6.2. Antena $10\ \text{m}$ w stanie zwiniętym



Rys. 1.2.6.3. Konstrukcja anteny

Szerokość pasma pracy anteny dla WFS poniżej $1,5$ wynosi w zakresie $20\ \text{m}$ $900\ \text{kHz}$, a więc znacznie przekracza szerokość pasma amatorskiego. Zysk nad idealnym gruntem wynosi $6\ \text{dBi}$. Antena dobrze nadaje się do pracy terenowej (między innymi dzięki prostemu montażowi i demontażowi) i dzięki niskiemu kątowemu promieniowaniu dobrze spisuje się w łącznościach DX-owych.

Tabela 1.2.6.1
Elementy obwodów

Pasma [m]	L1 [μ H]	C1 [pF]	L2 [μ H]	C2 [pF]	Długości kabli [m]
20	0,630	112	0,774	162	10,04
40	1,260	224	4,000	125	20,07

[1.2.6.1] „Die nützliche Mantelwelle“, Walter Kägi, HB9XBG, HBradio, 6/2000 str. 41 – 44

[1.2.6.2] „Antennenbuch“, Rothammel, wyd. 12, rozdział 19.5.2

[1.2.6.3] „ARRL Antenna Book”, wyd. 24, rozdział 2.13

[1.2.6.4] http://oe1iah.at/Hardware/Antennen/HB9XBG_Antenne.shtml

1.2.7. Pionowa antena czteropasmowa

Wisząca antena o kształcie dwóch skrzyżowanych prostokątów zapewnia dobrą słyszalność na pasmach 30, 20, 17 i 15 m.

Antena składa się z czterech pionowych dipoli zasilanych w sposób klasyczny na środku. Konstrukcja jest lekka i niedroga, opiera się na materiałach łatwych do zdobycia, daje się łatwo zainstalować, pokrywa cztery pasma krótkofalowe i nie wymaga częstych korekt.

Wszystkie cztery dipole są połączone równolegle i mają wspólne zaciski zasilania. Wysokość dipoli na pasma 20 i 17 m nie przekracza 10,5 m, natomiast dipol dla pasma 30 m musi być przedłużony elektrycznie za pomocą cewek w obu ramionach. Wysokość anteny została dobrana tak, aby można było ją zawiesić na drzewie rosnącym u konstruktora.

Cewki przedłużające zostały nawinięte przewodem Cuem o przekroju 1 mm² na rurkach z PCW o średnicy 3/4 cala i długości 10 cm. Uzwojenie składa się z 23 zwojów nawiniętych zwoj obok zwoju i ma indukcyjność 6,7 μ H. Długość uzwojenia wynosi około 4,5 cm. Uzwojenie zostało pokryte trzema warstwami kleju poliuretanowego i owinięte taśmą izolacyjną dla ochrony przed wpływami otoczenia.

Każde z ramion promiennika na pasmo 30 m składa się z dwóch odcinków o długościach 252 cm połączonych z obydwoma końcami cewki.

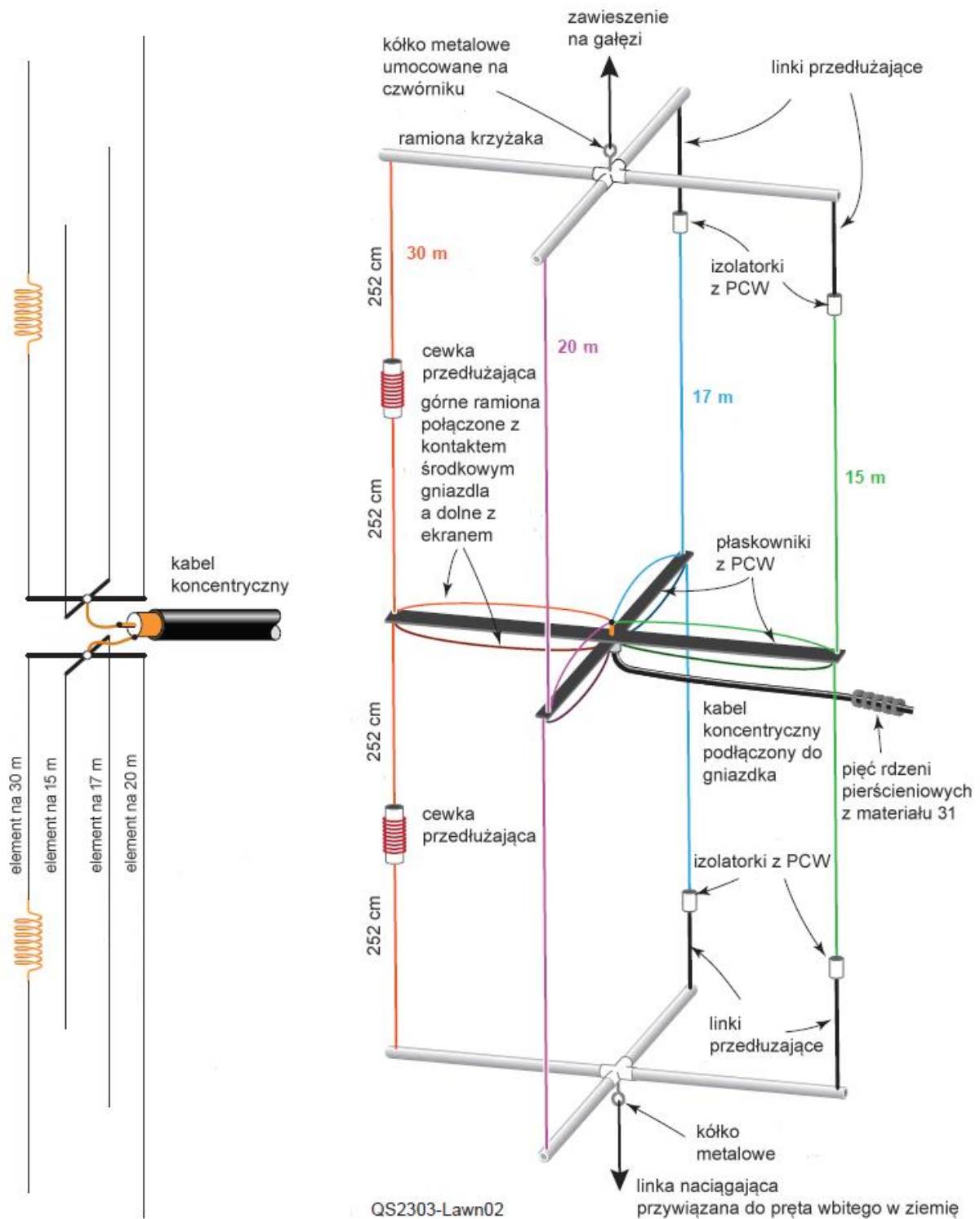
Promienniki dla pasm 20, 17 i 15 m zostały wykonane z przewodu izolowanego o przekroju 2,5 mm². Ze względu na wzajemne oddziaływania między dipolami korzystnie jest umocować wszystkie cztery dipole przed rozpoczęciem dostrajania anteny.

Krzyżaki górny i dolny składają się z ośmiu odcinków rurki z PCW o długościach po 23 cm połączonych na środku za pomocą czwórników z PCW. Środkowy krzyżak składa się z dwóch plastikowych płaskowników o grubości 6 mm, długości 51 cm i szerokości 5 cm. Na ich skrzyżowaniu jest umocowane gniazdko antenowe UHF (UC-1). Jego kontakt środkowy należy przedłużyć za pomocą kawałka grubszego przewodu o średnicy 2 mm, tak aby wystawał po drugiej stronie płaskowników. Gniazdko i płaskowniki są skręcone ze sobą czterema śrubami (fot. 1.2.7.4). Kontakt środkowy i zewnętrzny są połączone odpowiednio z dolnymi i górnymi ramionami dipoli. Sposób podłączenia ramion do przedłużonego środkowego kontaktu pokazano na fot. 1.2.7.5.

Do otworów w ramionach górnego i dolnego krzyżaka umocowane są końce dipoli lub końce nieprzewodzącej linki o średnicy 3 mm uzupełniającej ich długość. Najlepiej jest umocować najpierw elementy dipola na pasmo 20 m ponieważ on określa wysokość anteny. Na końcach krótszych elementów znajdują się przewiercone na wylot na końcach izolatory z PCW, do których przymocowane są odcinki linki przedłużającej. W czwórnikach u góry i u dołu umocowane są kółeczka metalowe do których przymocowana jest linka służąca do zawieszenia anteny (u góry) i linka naciągająca przywiązana do pręta wbitego w ziemię (u dołu).

Na kabel zasilający należy nałożyć pierścionki ferrytowe tworzące dławik symetryzujący zasilanie anteny. Konstruktor użył ferrytowych rdzeni pierścieniowych z materiału 31. Wzajemny wpływ elementów na siebie powoduje, że w trakcie strojenia konieczne jest dobranie długości elementów i skorygowanie odpowiednio długości linek przedłużających. Strojenie rozpoczyna się od pasma 20 m. Uzyskane po dostrojeniu współczynniki fali stojącej (WFS) zawiera tabela 1.2.7.2.

Antena promieniuje falę o polaryzacji pionowej i nie wymaga przeciwwag. Konstruktor uzyskał na niej wiele łączności międzykontynentalnych.



Rys. 1.2.7.1. Zasada konstrukcji anteny czteropasmowej

Rys. 1.2.7.2. Konstrukcja i wymiary anteny

Tabela 1.2.7.1.

Długości elementów anteny dla poszczególnych pasm

Element	Długość [cm]
Zewnętrzny na 30 m	234
Wewnętrzny na 30 m	252
Ramię dipola na 20 m	529

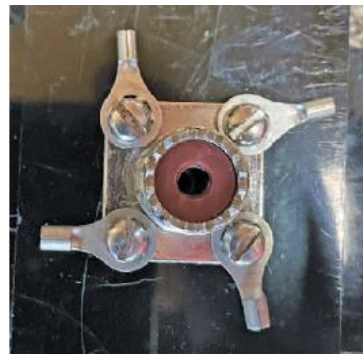
Ramię dipola na 17 m	417
Ramię dipola na 15 m	352

Uwaga: długość zewnętrznego elementu dla pasma 30 m wskazuje, że połączenie z gniazdkiem antenowym stanowi część dipola. Należy dodać 15 – 20 cm dla przeciągnięcia przez korpus cewki.

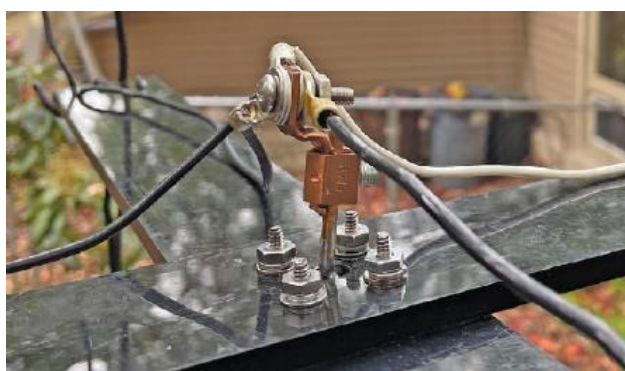
Tabela 1.2.7.2.

Pomiary anteny wykonane za pomocą analizatora RigExpert AA-600

Pasma [m]	Częstotliwość [MHz]	WFS
30	10,100	1,50
	10,125	1,38
	10,140	1,40
20	14,000	1,22
	14,150	1,28
	14,340	1,60
17	18,060	1,70
	18,100	1,70
	18,160	1,80
15	21,000	1,00
	21,150	1,19
	21,440	1,50



Fot. 1.2.7.3. Cewki przedłużające dla pasma 30 m przed ich zaimpregnowaniem i instalacją
Fot. 1.2.7.4. Gniazdko koncentryczne jest umocowane pod skrzyżowaniem płaskowników



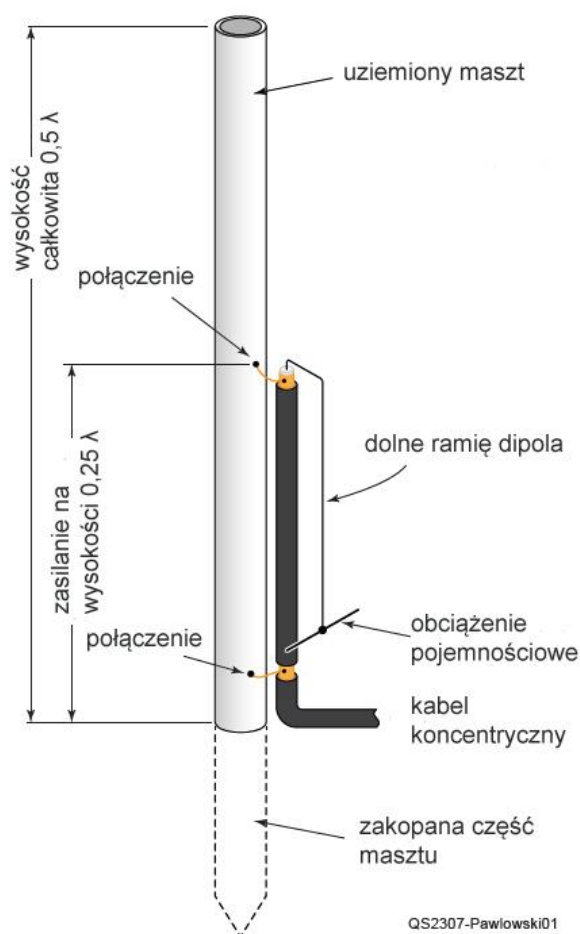
Fot. 1.2.7.5. Podłączenie górnych ramion dipoli do przedłużonego środkowego kontaktu gniazdka przy użyciu metalowego zacisku

[1.2.7.1] „WindChime4: A Four-Band Vertical Dipole”, Richard Lawn, W2JAZ, QST 3/2023 str. 30

1.2.8. Uziemiona antena półfalowa

Uziemione anteny półfalowe wymagają przeważnie dość skomplikowanych układów dopasowujących. Antena konstrukcji SP3L ma impedancję wejściową 50 omów.

Do zasilania ćwierćfalowych anten uziemionych stosowane są najczęściej układy typu gamma. Próba sprawdzenia na drodze symulacji czy to samo rozwiązanie sprawdzi się dla anten półfalowych wykazała, że możliwa jest ich konstrukcja nie wymagająca żadnych obwodów dopasowujących. Punktem wyjścia dla symulacji była konstrukcja z rysunku 1.2.8.1. Ekran kabla zasilającego jest połączony z masztem tuż powyżej powierzchni ziemi. Kabel jest dalej poprowadzony wzdłuż masztu do wysokości $1/4$ fali, gdzie jego ekran jest ponownie połączony z masztem. Żyłka środkowa jest połączona z przewodem rozciągniętym wzdłuż masztu i stanowiącym dolne ramię pionowego dipola. Jest ono obciążone pojemnościowo za pomocą dwóch przewodów rozciągniętych równoległe do powierzchni ziemi dzięki czemu ramię to ulega skróceniu i jego koniec nie dotyka ziemi. Górna część masztu od wysokości ćwiartki fali wwyż stanowi ramię górne.

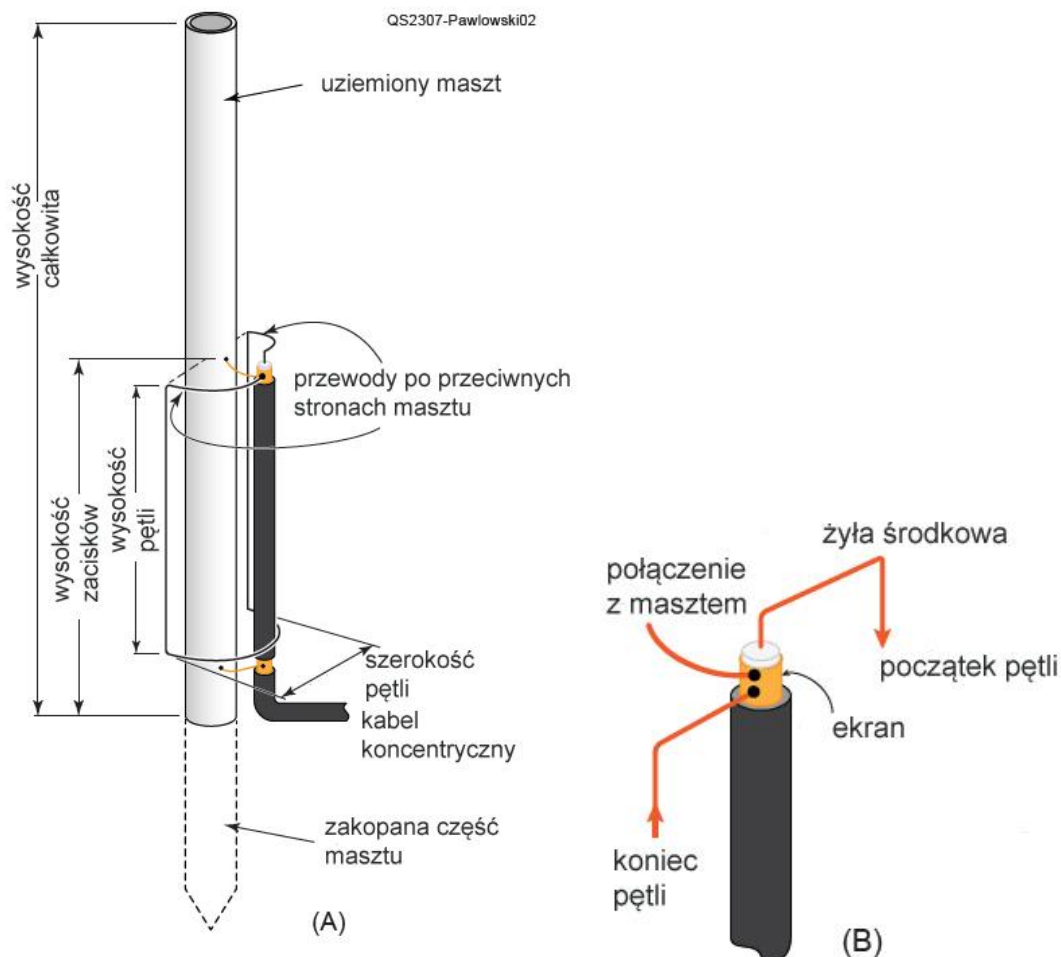


Rys. 1.2.8.1. Wyjściowy koncept półfalowej anteny zamontowanej na uziemionym maszcie

Symulacja wykazała, że w dole masztu płynie bardzo mały prąd w.c.z. i że nawet przy dużej oporności uziemienia masztu straty mocy w gruncie są nieznaczne. Oznacza to, że antena nie wymaga niskiej oporności gruntu. Dalsze symulacje przy różnych opornościach gruntu, aż do bardzo rozbudowanego systemu przeciwwag wykazały, że antena zachowuje się równie dobrze w szerokim zakresie oporności gruntu. Symulacja maksymalnego zysku anteny wykazała, że jest on trochę wyższy niż dla typowego dipola ćwierćfalowego zasilanego na środku. Charakterystyka kierunkowa nie była jednak dokładnie dookólna, a szerokość pasma dopasowania była o połowę niższa niż dla anteny ćwierćfalowej zasilanej na środku. Impedancja wejściowa wynosiła $22\ \Omega$.

Na rysunku 1.2.8.2 przedstawione jest ostateczne rozwiązanie. Wysokość masztu wynosi $0,6\lambda$ dzięki czemu unika się pojemnościowego obciążenia dolnego ramienia dipola. Dolne ramię zostało zastąpione

przez podłużną pętlę, której pionowe przewody znajdują się po przeciwnych stronach masztu. Zapewna to niemal dookólną charakterystykę promieniowania, a przesunięcie zacisku zasilania w pętli podwyższa impedancję wejściową anteny do 50Ω . Szerokość pasma dopasowania nie poprawiła się, ale i tak jest ona w praktyce wystarczająca dla wszystkich pasm poza zakresem 80 m. Antena nie wymaga żadnych obwodów dopasowujących ani symetryzatora. Ekran kabla zasilającego powinien być połączony bezpośrednio z masztem. Ponieważ antena jest uziemiona dla prądu stałego zapewnia ona również odprowadzenie ładunków statycznych i bezpieczeństwo w czasie burz i wyładowań atmosferycznych.



Rys. 1.2.8.2. Ostateczne rozwiązanie anteny (A) i szczegóły zasilania (B)

W tabeli 1.2.8.1 podano wymiary dla różnych pasm amatorskich. Założono konstrukcję masztu składającego się ze stopniowanych teleskopowo rurek i pętlę wykonaną z gołego przewodu o średnicy 2 mm. Porównanie charakterystyki promieniowania z charakterystyką pionowego dipola zasilanego na środku wskazuje na odrobinę większy zysk. Odchyłki charakterystyki od okręgu nie przekraczają $\pm 0,1$ dB. Zasada została sprawdzona w praktyce w konstrukcji anteny na pasmo 10 m. Pasma to ma znaczną szerokość, ale okazało się, że przeskalowanie anteny pozwoliłoby na uzyskanie dopasowania w całych pasmach 12, 15, 17 i 20 m. Antena była zasilana przez odcinek kabla RG-58 o długości 22 m. Na częstotliwości 29,08 MHz WFS był równy 1,1, a na krańcach pasma wynosił w przybliżeniu 2. Wyniki symulacji zgadzały się z wynikami pomiarów zbudowanej anteny. SP3L dokonał również pomiarów porównawczych z ćwierćfalowym dipolem zasilanym na środku.

Eksperymenty wykazały możliwość wykorzystania masztu o wysokości $0,6 \lambda$ jako półfalowej anteny uziemionej. Węższy zakres dopasowania jest równoważony przez niemal dookólną charakterystykę promieniowania, a zysk jest niemal równy zyskowi zasilanej na końcu anteny ćwierćfalowej. Konstrukcja jest wytrzymała mechanicznie i nie wymaga niskiej oporności gruntu. Uziemienie konstrukcji zwiększa bezpieczeństwo w czasie burz i wpływ wyładowań statycznych.

Tabela 1

Wymiary anteny dla różnych pasm amatorskich

Wymiar	30 m	20 m	17 m	15 m	12 m	10 m
Wysokość całkowita [m]	17,5	12,5	10	8,7	7,2	6,3
Wysokość zacisków [m]	9,8	7	5,5	4,7	4	3,5
Wysokość pętli [m]	6,09	4,37	3,35	3,03	2,51	2,25
Szerokość pętli [m]	0,64	0,48	0,35	0,26	0,22	0,2

[1.2.8.1] „DC Grounded Half-Wave Vertical”, Jacek Pawłowski, SP3L, QST 7/2023 str. 36

1.2.9. Pionowa antena $5/8 \lambda$ na 10 MHz

Zasilany na środku pionowy dipol o wysokości $5/8 \lambda$ na pasmo 10 MHz nie wymaga przeciwwag, a nowatorski układ dopasowujący pozwala na pracę w jednym lub dwóch pasmach

Konstrukcja anteny OH3JF wzoruje się na antenie „Gain Master” firmy *Sirio* dla zakresu 25,5 – 30 MHz. Wolnostojąca pionowa antena *Siro* jest umieszczona w rurze z włókna szklanego. Pozwala to na łatwe zamontowanie jej na maszcie. Antena OH3JF dla pasma 10 MHz ma długość $5/8$ fali.

Jej konstrukcję przedstawia rys. 1.2.9.1. Górne ramię dipola jest wykonane z przewodu, a dolne stanowi ekran kabla koncentrycznego. Jest ono połączone z dławikiem nawiniętym kablem koncentrycznym zasilającym antenę. Dopasowane na środku dipola zapewnia kondensator wykonany z otwartego na obu końcach odcinka kabla koncentrycznego.

W odległości 4,47 m od kondensatora (środku anteny) znajduje się strojnik z kabla koncentrycznego o długości 145 cm zwarty na końcu. W instalacji OH3JF dławik znajduje się na wysokości około metra nad powierzchnią ziemi. Górne ramię dipola zostało zagięte pod kątem prostym, tak, że odcinek poziomy wynosi około trzech metrów. Było to związane z ograniczeniami wysokości w miejscu instalacji.

Wymiary anteny zostały dobrane dla częstotliwości 10,11 MHz (29,67 m) przez przeskalowanie anteny *Sirio* dla częstotliwości 27,75 MHz. Przy obliczaniu wysokości umieszczenia strojnika i jego długości należy uwzględnić współczynnik skrócenia. Odległość 0,177 fali między kondensatorem koncentrycznym i strojnikiem została także przyjęta z anteny *Sirio*. Sam strojnik ma długość 0,0574 fali. Przy obliczaniu mechanicznych długości kabla Ecoflex 10 należy uwzględnić współczynnik skrócenia kabla – wynoszący w tym przypadku 0,85. Współczynniki dla innych typów kabli są podane w ich danych katalogowych.

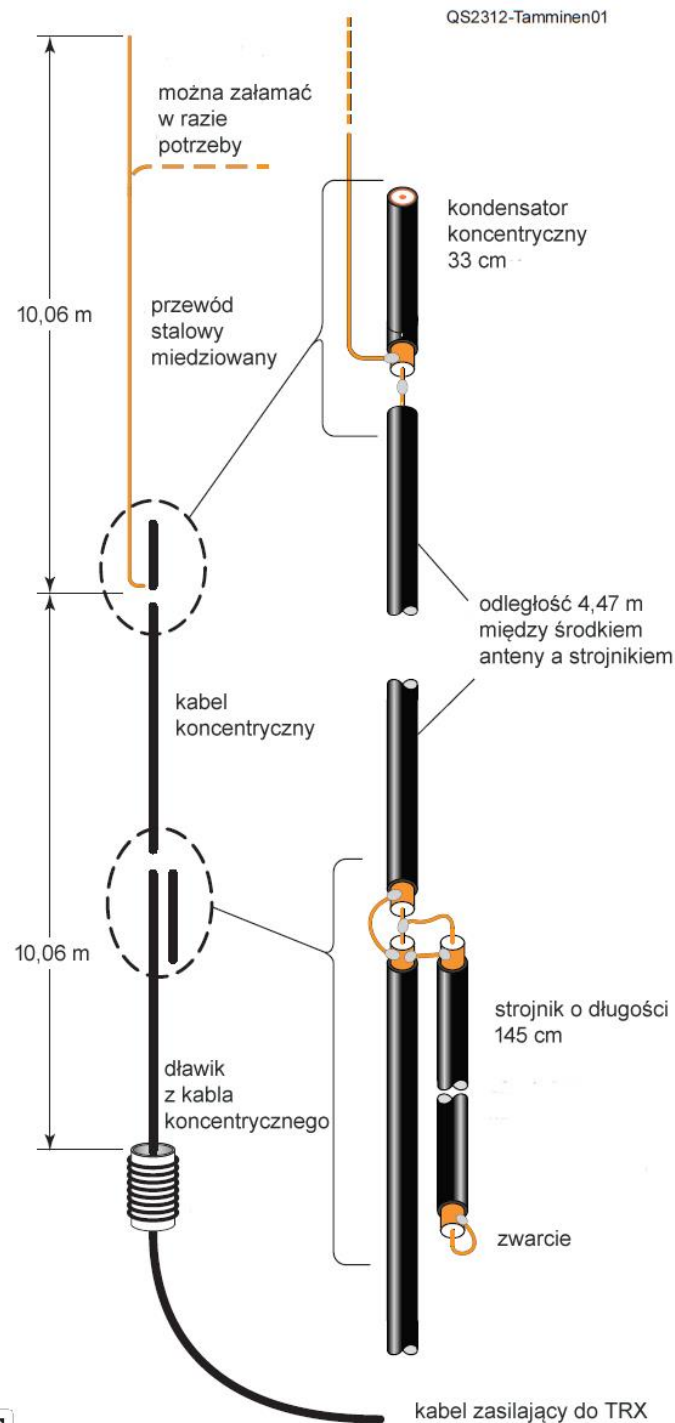
Wzorowany na produkcie *Sirio* dławik jest nawinięty na szarej rurce z PCW o średnicy w przybliżeniu 11 cm, zawiera 27 zwojów i ma indukcyjność 29 μH . Reakcja przy częstotliwości pracy wynosi kilka $k\Omega$, co sugeruje, że pracuje on iedaleko rezonansu.

Kondensator koncentryczny w antenie *Sirio* ma długość 9 cm i pojemność 8,7 pF. Dla uzyskania takiej samej reaktancji pojemnościowej (659 pF) powinien on przy częstotliwości 10,11 MHz mieć pojemność około 23,9 pF. Dla kabla RFA-78 długość ekranu powinna wynosić 33 cm (pojemność własna kabla wynosi 73 pF/m). Izolacja powinna mieć nieco większą długość aby odległość końców ekranu od końców żyły środkowej zapewniała wystarczającą wytrzymałość napięciową (patrz fot. 1.2.9.3). Oba końce kondensatora powinny być hermetycznie zabezpieczone przed wpływem wody i wilgoci. W ten sam sposób należy zabezpieczyć wszystkie miejsca połączenia kabli.

Ciężar cewki i reszty anteny powoduje mechaniczne obciążenie miejsc połączeń. Konstruktor proponuje ich wzmocnienie za pomocą plastikowych łubków (fot. 1.2.9.4). Gniazdko UHF jest zamontowane na aluminiowym wsporniku na dole dławika.

Antena została wypróbowana na telegrafii z mocą 500 W i nie zaobserwowano żadnych problemów.

Poniżej dławika natężenie prądów powierzchniowych wynosiło 6% prądu płynącego na środku dipola. WFS w całym paśmie 10 MHz wynosił około 1,2.



Rys. 1.2.9.1. Konstrukcja pionowej anteny $5/8 \lambda$ opartej a antenie Sirio. Antena ma wysokość około 20 m i jest przeznaczona do pracy w paśmie 10 MHz

Na konstrukcję potrzebne jest 20,2 m kabla koncentrycznego typu Ecoflex 10, RG-213 lub podobnego, 33 cm grubszego kabla na kondensator – RFA-78, RG303 itp., około 11 m stalowego przewodu pokrytego miedzią na górną część anteny, 46 cm rurki z PCW o średnicy 11 – 12 cm, oraz linka nylonowa dla jej naciągnięcia i taśma samowulkanizująca dla zabezpieczenia miejsc połączeń. Na dławiku mogą występować wysokie napięcia, dlatego też antena powinna być zamontowana na tyle wysoko, żeby nie można było go dotknąć.

Projekt elektrycznej strony anteny i pomiary zostały wykonane przez OH5TM. Jej ważną zaletą jest to, że nie potrzebuje przeciwwag ani obwodów dopasowujących. Konstrukcja mechaniczna i pionowy montaż mogą przysporzyć pewnych trudności w związku z jej wysokością. Pod adresem [1.2.9.2] znajduje się dokument opisujący konstrukcje anteny na inne pasma amatorskie.



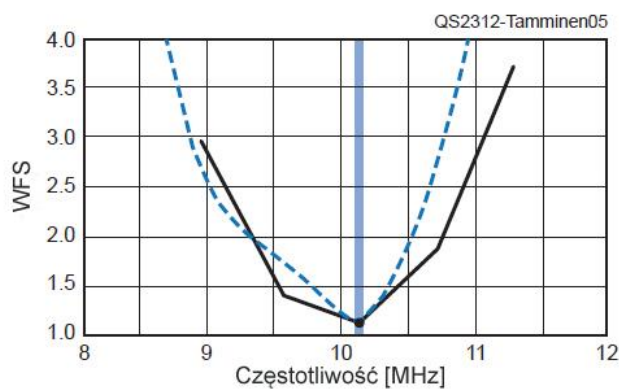
Fot. 1.2.9.2. Dławik składa się z 27 zwojów kabla koncentrycznego nawiniętego na rurce z PCW o średnicy ~11 cm

Fot. 1.2.9.3. Jako kondensator służy 33-centymetrowy odcinek grubszego kabla koncentrycznego



Fot. 1.2.9.4. Jako wzmocnienie połączeń służą plastikowe łubki, do których wiązadłami są przywiązane końce kabli

Fot. 1.2.9.6. Umocowanie dławika dla zmniejszenia jego obciążenia mechanicznego. Na jego szczycie występują wysokie napięcia w.c.z. i dlatego powinien on się znajdować możliwie wysoko nad ziemią



Rys. 1.2.9.5. Przebieg współczynnika fali stojącej. Linia czarna – wynik pomiarów, niebieska przerywana – symulacja

[1.2.9.1] „The OH3JF 5/8-Wavelength Vertical Dipole”, Heiki Tammingen, OH3JF, QST 12/2023
str. 32

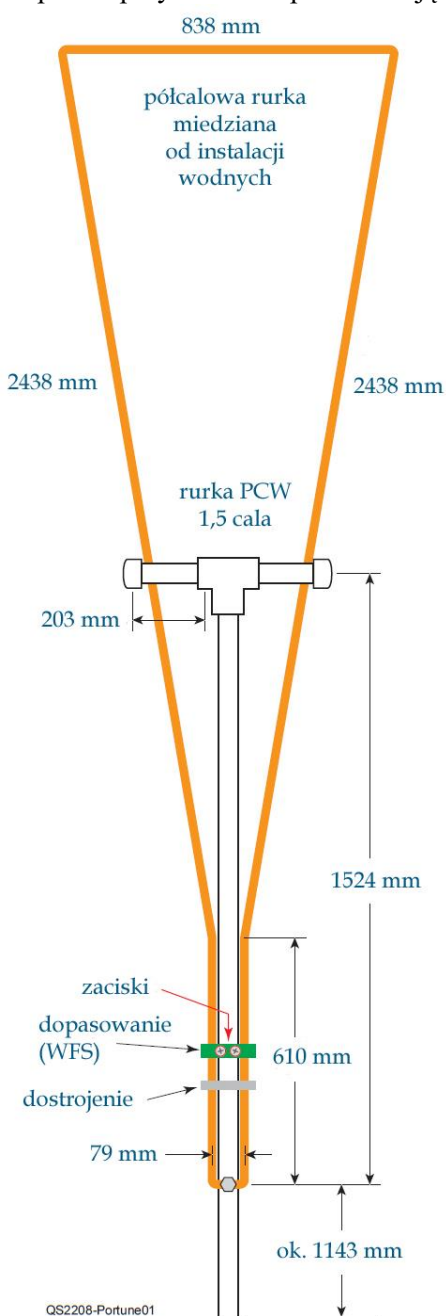
[1.2.9.2] https://drive.google.com/file/d/1p2w7Mu4qfzHmJa4etPatieqGre2Lpp_h/view?usp=drive_link

[1.2.9.3] qrz.com/db/oh3jf – strona OH3JF na QRZ.COM

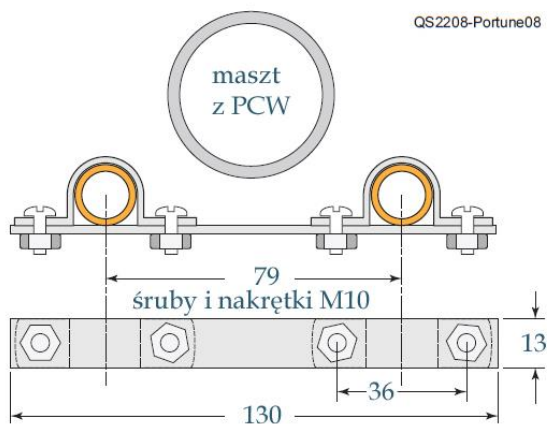
2. Anteny na pasmo 50 MHz

2.1. Szkieletowa antena trójkątna na pasmo 6 m

Przedstawiona w poz. [2.1.1] szkieletowa antena delta na pasmo 6 m charakteryzuje się łatwością konstrukcji i dostrojenia, a także trochę lepszymi parametrami w porównaniu z anteną prostokątną. Dzięki temu, że antena jest szersza u góry środek jej promieniowania przesuwają się w górę zmniejszając wpływ strat w ziemi i zależność charakterystyki promieniowania od właściwości gruntu. Pionowo umieszczona antena promieniuje falę o polaryzacji poziomej. Kierunek promieniowania jest prostopadły do płaszczyzny anteny. Zysk w płaszczyźnie poziomej wynosi w przybliżeniu 6 dBi nawet na poziomie gruntu, co odpowiada małej antenie kierunkowej znajdującej się na niewysokim maszcie. Szerokość pasma przy WFS nie przekraczającym 2 wynosi około 500 kHz.



Rys. 2.1.1.1. Wymiary anteny



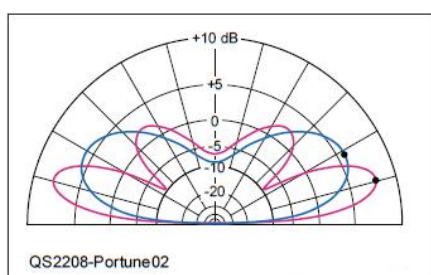
Rys. 2.1.1.2. Konstrukcja elementu zasilającego

Dzięki wykonaniu z miedzianej rurki wodociągowej o średnicy 1/2 cala antena może stać stabilnie bez użycia dodatkowych wsporników. Jest ona umieszczona na nośniku (maszcie) w kształcie litery T wykonanym z plastikowej rurki z PCW o długości około 2,70 m i średnicy 1,5 cala (~4 cm), której dolna część jest zakopana w ziemi. Na szczycie rurki znajduje się trójkąt służący do zamocowania poziomych ramion zakończonych przykrywkami.

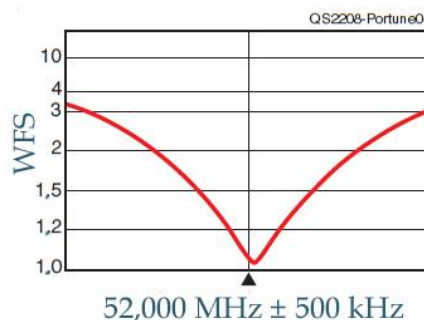
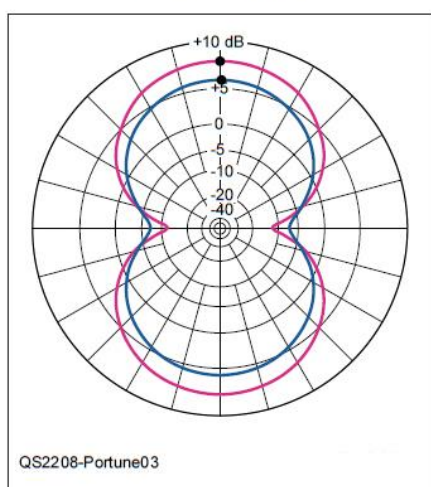
Sama antena składa się z dwóch pionowych elementów o długościach po 2,44 m zagiętych w odległości 61 cm od końca jak to pokazano na rys. 2.1.1, oraz z dwóch zamykających pętlę elementów poziomych. Górny element poziomy ma długość 84 cm, a dolny 6,4 cm.

Górne końce elementów pionowych i końce górnego elementu poziomego są spłaszczone i skręcone razem za pomocą śruby M6 (fot. 2.1.3). Poniżej na zdjęciu widoczne jest miejsce zgięcia pionowych boków anteny.

W poprzecznych ramionach nośnika należy wyciąć szczeliny o szerokościach 1,6 mm i długościach około 57 mm dla przepuszczenia pionowych ramion anteny. Następnie należy skleić ze sobą części nośnika anteny, ale przykrywkę można przykleić dopiero po włożeniu ramion anteny. Dolna poprzeczna część anteny jest przykręcona do pionowego nośnika za pomocą śruby M6.



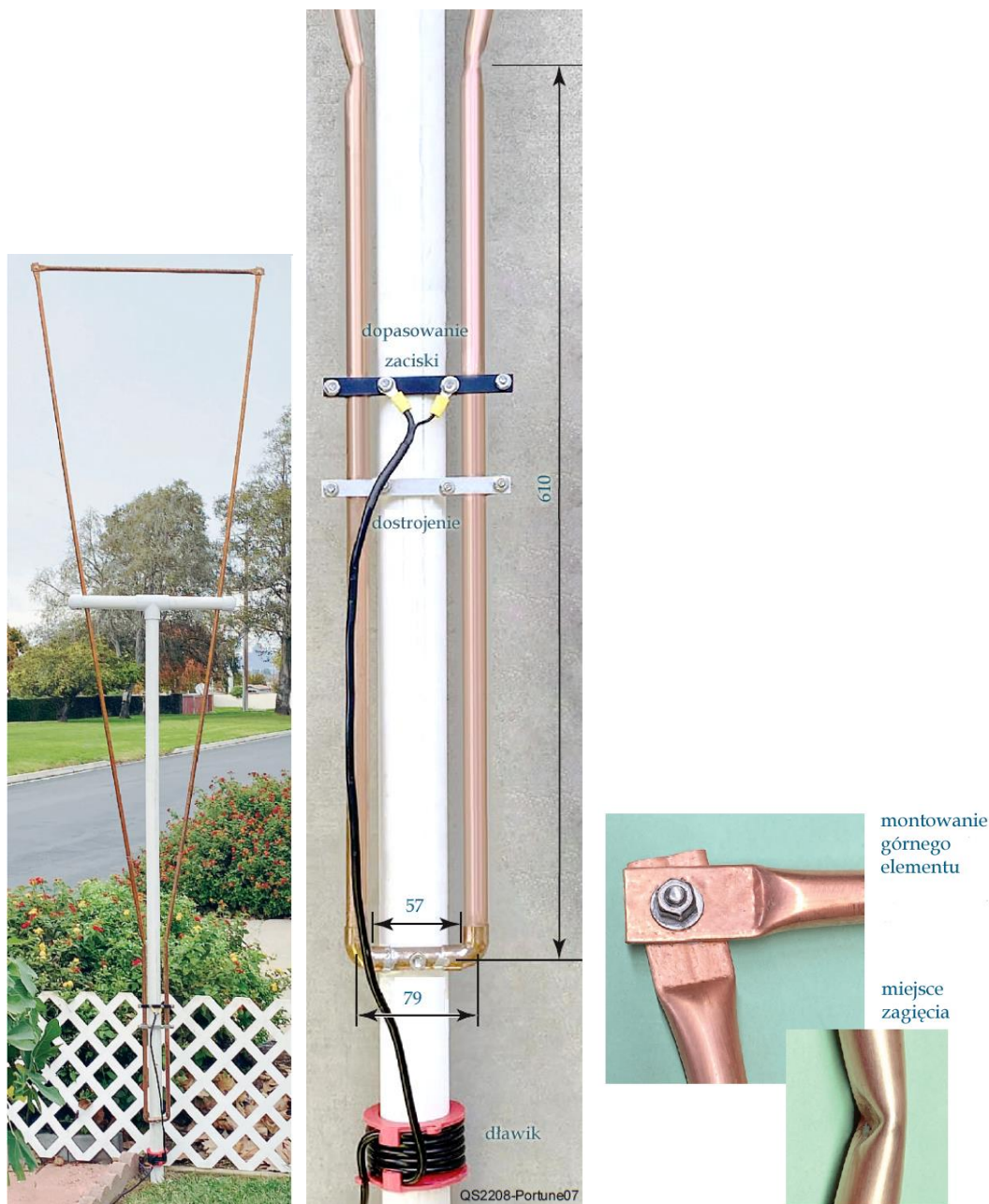
$$f = 51,9 \text{ MHz}$$



Rys. 2.1.3. Charakterystyki promieniowania anteny w płaszczyźnie pionowej i poziomej (linie niebieskie na wysokości 30 cm, fioletowe – 3 m)

Rys. 2.1.4. Przebieg dopasowania anteny w funkcji częstotliwości

Dostrojenie anteny uzyskuje się przesuwając poprzeczny zwieracz (dolny na fotografii 2.1.2), a dopasowanie – dobierając punkty zasilania anteny. U góry kabla nałożonych jest kilka ferrytowych rdzeni pierścieniowych z materiału 61 zapewniających tłumienie fali powierzchniowej na ekranie kabla zasilającego, a na maszcie poniżej anteny umieszczony jest dławik symetryzujący składający się z sześciu zwoi kabla koncentrycznego RG-8X albo RG-58. Sposób wykonania i umocowania poprzecznego elementu zasilającego pokazano na rys. 2.1.2. Zakres dostrajania anteny leży z grubsza pomiędzy 45 i 57 MHz, co pozwala na dostrojenie jej do pasma 6 m w granicach europejskich.



Fot. 2.1.1. Widok ogólny anteny Fot. 2.1.2. Konstrukcja dolnej części anteny
 Fot. 2.1.3. Połączenie elementów u góry i miejsce zagięcia bocznych części

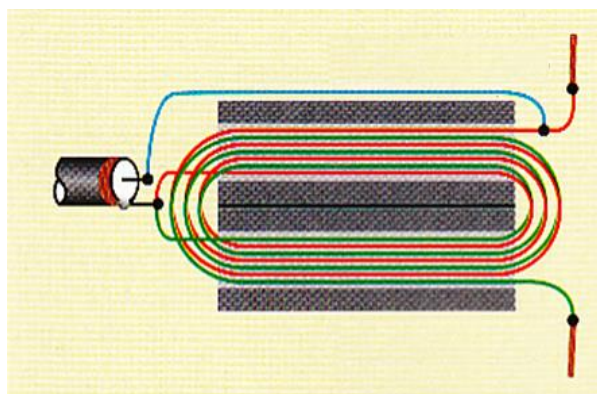
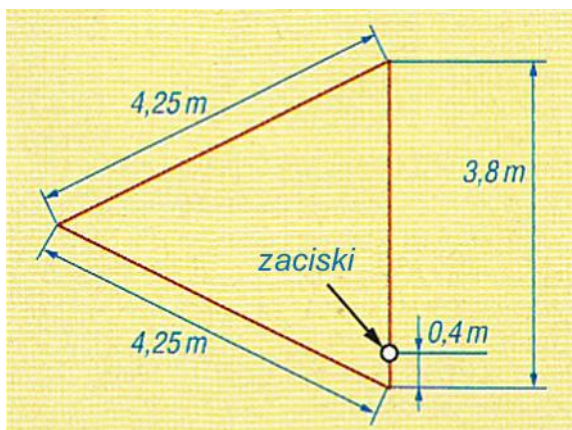
[2.1.1] „The Inverted Hen-Delta 6-Meter Antenna”, Hohn Portune W6NBC, Jim Bailey W6OEK,
 „QST“ 8/2022 str. 30

2.2. Pozioma antena pętlowa na pasmo 6 m

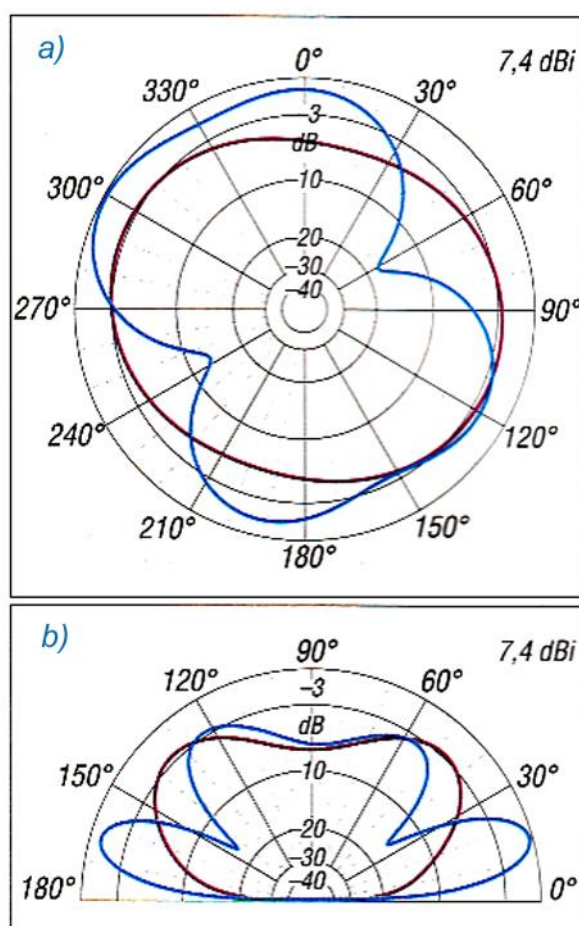
Ta trójkątna antena pętlowa o obwodzie 2λ zapewnia łączności DX-owe nawet przy zainstalowaniu jej na małej wysokości [2.2.1].

Konstruktor umieścił ją poziomo na wysokości 5 m nad powierzchnią gruntu. Impedancja wejściowa anteny jest zbliżona do $200\ \Omega$ co pozwala na dopasowanie jej do $50\ \Omega$ za pomocą transformatora o przekładni 4:1. Charakterystyka kierunkowa w płaszczyźnie poziomej wykazuje dwa minima (rys. 2.2.3a) a zysk kierunkowy obliczony na podstawie symulacji w *Mmana* wynosi 7,4 dBi. W płaszczyźnie pionowej charakterystyka promieniowania posiada dwa maksima na wysokościach 16° i 60° (drugie z nich pozwala na prowadzenie łączności na krótkich dystansach 20 – 60 km). W praktyce okazało się, że w warunkach instalacji u konstruktora zysk kierunkowy jest zbliżony do 5 dBi czyli 2,5 dBd.

Symulacje konstrukcji piętrowych zapowiadały wprawdzie interesujące wyniki, ale ich mechaniczne wykonanie jest trudne mechanicznie. Antena jest spolaryzowana poziomo.



Rys.2.2.1. Wymiary anteny Rys. 2.2.2. Wykonanie transformatora dopasowującego



Rys. 2.2.3. Symulowane w *Mmana* charakterystyki kierunkowe pętli a) w płaszczyźnie poziomej, b) w płaszczyźnie pionowej, wykres niebieski – dla 50,5 MHz, fioletowy – dla 28 MHz

Do konstrukcji użyto 12,3 m wojskowego kabla telefonicznego w izolacji z tworzywa sztucznego. Transformator dopasowujący zawiera 2 x 3,5 zwoju licy w izolacji polietylenowej. Przewody licy miały średnicę 0,5 mm (dla zmniejszenia strat lepiej jednak użyć przewodu antenowego o większej średnicy) a wymiary ferrytowych rdzeni rurkowych z materiału 61 wynosiły: długość 28 mm i średnica 16 mm. Przewody zielony i czerwony na rys. 2.2.2 są połączone z zaciskami pętli, a do jednego z zacisków pętli prowadzi dodatkowy przewód (na rysunku w kolorze niebieskim) od żyły środkowej kabla zasilającego do jednego z końców pętli. Wyprowadzenia transformatora należy zabezpieczyć przed obciążeniem ich

przez ciężar pętli i kabla koncentrycznego. Można przylutować je do płytki montażowej, do której przylutowane i umocowane za pomocą wiązań będą także kabel i pętla antenowa.

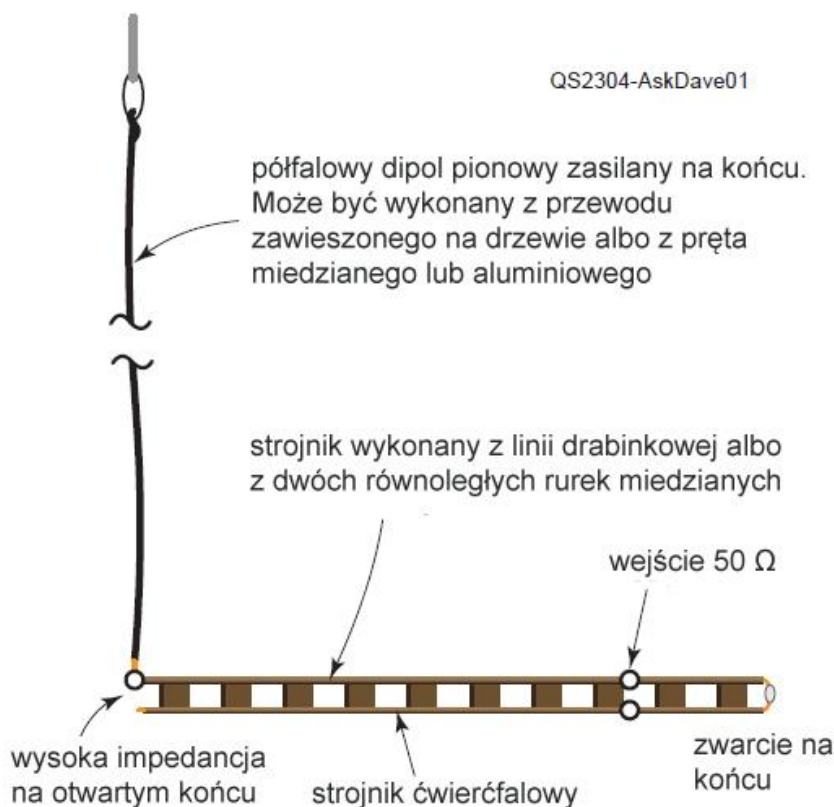
Zaciski anteny znajdują się nie w rogu trójkąta, a na jego krótszym boku w odległości 40 cm od niego.

Antena sprawdziła się w ponad 10-letniej praktyce i pozwoliła na uzyskanie zasięgów przekraczających 5000 km na telegrafii. Według symulacji i pomiarów przeprowadzonych przez konstruktora możliwe jest również wykorzystanie anteny w paśmie 10 m i w łącznościach awaryjnych w kanałach trzecich pasm CB (27 MHz) i PMR (446 MHz).

[2.2.1] „Horizontale Schleifenantenne für das 6-m-Band“, Eberhard von Wedelstädt, DL3ZID, *Funkamateureur* 3/2024 str. 224

2.3. Ukryta antena J na pasmo 6 m

W łącznościach FM w paśmie 6 m i wyższych pasmach UKF stosowana jest polaryzacja pionowa, natomiast w łącznościach SSB – polaryzacja pozioma. Zasada ta dotyczy łączności za pomocą fali bezpośredniej. Polaryzacja fal odbitych od jonosfery ulega zmianom niezależnym od operatora stacji i trudno jest przewidzieć ją dla fali docierającej do odbiorcy. Polaryzacja fali nadawanej staje się wobec tego mało istotna.



Rys. 2.3.1. Konstrukcja anteny

Anteny typu J składają się z dwóch elementów: dipola półfalowego i ćwierćfalowego odcinka dopasowującego wykonanego najczęściej z płaskiej linii symetrycznej albo rurki metalowej. Strojnik dopasowujący jest zwarty na końcu. Po drugiej rozwartej stronie ma on wysoką impedancję, pasującą do impedancji wejściowej dipola półfalowego zasilanego na końcu.

Promiennik może być skierowany w dowolnym kierunku i nie musi stanowić przedłużenia strojnika. W szczególności mogą być umieszczone w stosunku do siebie pod kątem prostym. Strojnik może znajdować się więc w pozycji leżącej, a promiennik – w pionowej. Załamanie anteny daje obniżenie jej wysokości, dzięki czemu można ją łatwiej ukryć przed niepożądanymi oczami.

Długość strojnika można obliczyć ze wzoru $l \text{ [m]} = 71,5 / f \text{ [MHz]}$, a długość promiennika ze wzoru $l \text{ [m]} = 143 / f \text{ [MHz]}$, przy założeniu współczynnika skrócenia 0,95. Znaczna szerokość pasma 6-

metrowego powoduje, że antena może nie pokrywać jego całości i konieczny będzie wybór interesującego wycinka. W przypadku zawieszenia anteny (promiennika) na drzewie najlepiej do jego wykonania użyć przewodu w izolacji. Długość promiennika można także obliczyć przeskalowując proporcjonalnie antenę z pasma 2 m. Położenie zacisków wejściowych dla impedancji 50Ω można znaleźć doświadczalnie.

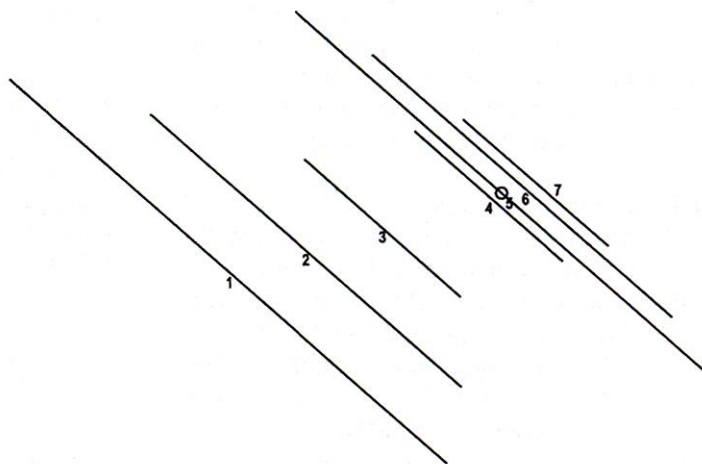
Antena nie wymaga przeciwwag i może być umieszczona na dowolnej wysokości nad ziemią. Lepiej by była ona wyższa od 1,5 – 2 m. Na tej zasadzie można konstruować załamane anteny na dowolne inne pasma.

[2.3.1] „Ask Dave: Coax Cables, Band Noise, and A 6-Meter J-Pole Antenna“, Dave Casler, KE0EG, QST 4/2023 str. 50

3. Anteny na pasmo 70 MHz

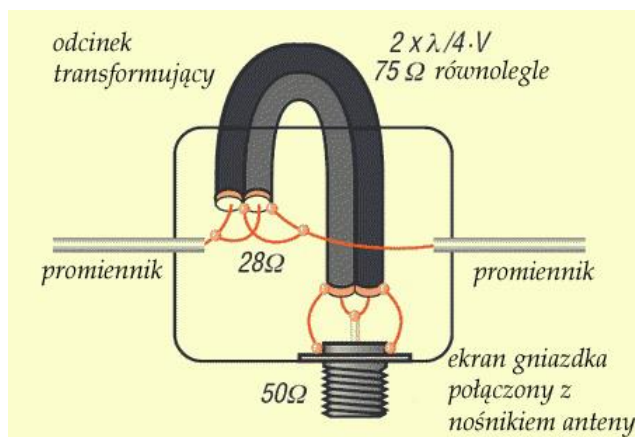
3.1. Krótkie anteny na pasmo 4 m

Trójpasmowa antena na pasma 6, 4 i 2 m konstrukcji DK7ZB stanowi dzięki stosunkowo niewielkim rozmiarom praktyczne rozwiązanie dla wszystkich mających mało miejsca do dyspozycji. Oprócz zasilanego promiennika na pasmo 6 m posiada ona dwa blisko leżące i silnie sprzężone elektromagnetycznie promienniki na pasma 4 i 2 m. Zasada pracy jest często nazywana w literaturze zasadą dławika koncentrycznego (ang. *open sleeve*). Położenia elementów są dobrane tak, aby impedancja wejściowa wynosiła 50 omów nie tylko w paśmie 6 m ale i w pozostałych. Pasywny promiennik nr 6 pracuje w paśmie 4 m, a promiennik nr 4 – w paśmie 2 m. Antena zawiera dodatkowe reflektory dla obu pasm. Są to elementy nr 2 dla pasma 4 m i nr 3 dla pasma 2 m. Element nr 7 pracuje jako direktor w paśmie 2 m. W paśmie 2 m antena pracuje więc jako 3-elementowa, a w pozostałych jako 2-elementowa. Elementy dla wyższych pasm nie wywierają wpływu na pracę w paśmie 50 MHz, natomiast przy pracy w paśmie 70 MHz w elementach dla pasma 6 m płyną znaczne prądy. Duży prąd indukuje się w pasywnym promienniku dla pasma 4 m przy pracy w paśmie 2 m.

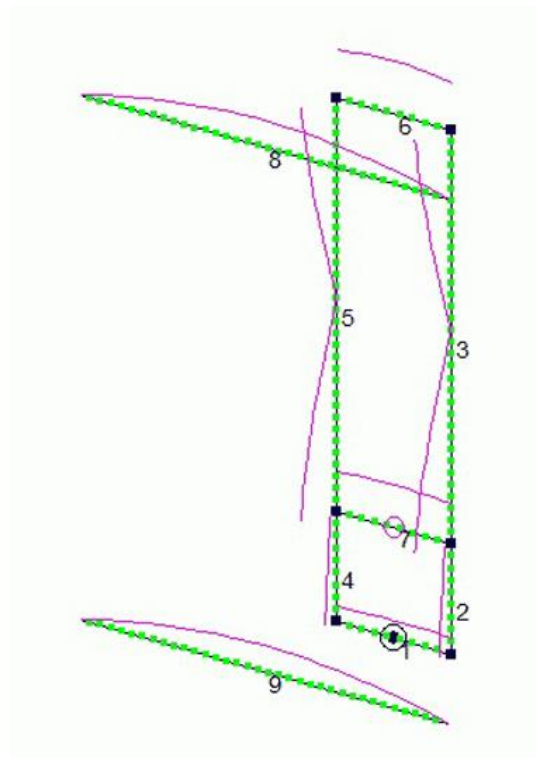


Rys.3.1.1. Rozmieszczenie i numeracja elementów anteny 3-pasmowej

Częstotliwość rezonansu w paśmie 2 m wynosi 144,3 MHz i leży w podzakresie CW/SSB, a WFS wyraźnie wzrasta powyżej 145 MHz. Częstotliwości rezonansu w pozostałych pasmach wynoszą 50,15 i 70,2 MHz. Aluminiowy nośnik anteny ma długość 1,25 m i przekrój kwadratowy o wymiarach 20 x 20 x 2 (1,5) mm. Elementy wykonano z rurek aluminiowych 10 x 1 mm. Konstruktor odradza stosowanie elementów o innych średnicach.



Rys.3.1.2. Sposób dopasowania anteny 28 Ω do linii zasilającej 50 Ω



Rys, 3.1.3. Elementy konstrukcyjne *Hentenny* (linie zielone) i rozkłady prądów (linie fioletowe)

Antena jest zasilana przez dławik symetryzujący (fot. 3.1.2). Składa się on z 11 zwojów kabla koncentrycznego Aircell-5 nawiniętego na rurce z PCW o średnicy 25 mm. Kabel ma w przybliżeniu długość 1 m. Gniazdko koncentryczne jest umieszczone w dolnej ścianie puszkki i jego ekran jest połączony z nośnikiem anteny.



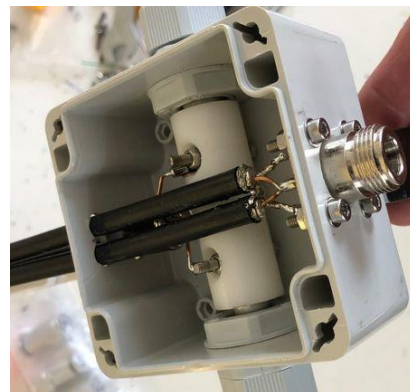
Fot. 3.1.1. Widok anteny trzypasmowej DK7ZB



Fot. 3.1.2. Zasilanie anteny trzypasmowej

Strojenie anteny może w praktyce wymagać jedynie dopasowania długości promiennika dla pasma 2 m. Wymiary w tabeli 3.1.1 uwzględniają korekty dokonane przez DK7ZB w trakcie dostrajania anteny.

Dwuelementowa antena Yagi na pasmo 70 MHz ma nośnik o długości 45 cm, zysk antenowy 4,4 dBd a tłumienie wsteczne 15,5 dB. Jej wymiary dla częstotliwości rezonansowej 70,2 MHz zawiera tabela 3.1.3. Sposób dopasowania anteny wykonanej w technice 28Ω przedstawiono na rys. 3.1.2. Współczynnik fali stojącej (WFS) w zakresie 70,0 – 70,5 MHz nie przekracza 1,2. Dalsze warianty dopasowania anten 28-omowych podaje poz. [3.1.5].



Fot 3.1.3. Antena dwuelementowa wykonana przez DH0GSU

Fot. 3.1.4. Zasilanie anteny dwuelementowej



Fot. 3.1.5. Antena trzyelementowa Fot. 3.1.6. Zasilanie anteny trzyelementowej

Trzyelementowa antena DK7ZB na pasmo 70 MHz ma nośnik o długości 1,55 m. Charakteryzuje się ona zyskiem 6,55 dBd i tłumieniem wstecznym 17,5 dB. WFS w zakresie 70,0 – 70,5 MHz nie przekracza 1,25. W odróżnieniu od obu poprzednich jest wykonana w technice 18Ω a sposób jej dopasowania przedstawiono na fot. 3.1.6. Dopasowanie uzyskuje się za pomocą dwóch połączonych równoległe ćwierćfalowych odcinków kabli 50 i 75 Ω . Na zdjęciu są to odcinki kabli RG58 i RG59. Długości kabli podano w tabeli 3.1.5.

Trzyelementowy wariant anteny wykonany w technice 28Ω charakteryzuje się zyskiem 5,7 dBd i tłumieniem wstecznym 27 dB. Długość nośnika wynosi w tym przypadku 1,35 m. Sposób dopasowania jest identyczny jak dla anteny dwuelementowej. WFS w paśmie 70,0 – 71,0 MHz leży poniżej 1,5, a w paśmie do 7,5 MHz – 1,2. Wymiary anteny dla częstotliwości 70,2 MHz podano w tabeli 3.1.6.

Pionowo ustawiona antena pętlowa znana pod nazwą *Hentenny* uzupełniona o dwa reflektory charakteryzuje się zyskiem około 7,05 dBd i tłumieniem wstecznym 12,5 dB w pasmach 50 i 70 MHz. Dzięki zasilaniu po dwóch przeciwnych stronach pętli promieniuje ona falę z polaryzacją poziomą a dobór punktu zasilania (element 7) na elementach pionowych (odległości od elementu 1) pozwala na uzyskanie impedancji wejściowej 50 Ω . Podział anteny na elementy konstrukcyjne i rozkłady prądów przedstawia rys. 3.1.3, a wygląd anteny – fot. 3.1.7. Wymiary anteny wykonanej z rurek o średnicy 12 mm dla pasm 4 i 6 m zawiera tabela 3.1.7. Do jej zasilania służy dławik symetryzujący jak w antenie pierwszej. W zakresie 70,0 – 70,5 MHz WFS leży poniżej 1,2.

Fot. 3.1.7. Pionowa pętla – *Henna*Tabela 3.1.1
Wymiary anteny 3-pasmowej

Element	Funkcja	Długość [mm]	Położenie [mm]
1	Reflektor 6 m	2914	0
2	Reflektor 4 m	2080	300
3	Reflektor 2 m	1044	600
4	Promiennik bierny 2 m	981	1000
5	Promiennik zasilany 6 m	2764	1065
6	Promiennik bierny 4 m	2006	1148
7	Direktor 2 m	966	1200

Tabela 3.1.2
Najważniejsze parametry anteny 3-pasmowej

Pasma [m]	Zysk antenowy [dBd]	Tłumienie wsteczne [dB]	Pasma dla WFS 1,5 [MHz]
6	4,49	8,6	1,75
4	4,29	10,8	1
2	5,43	10,6	> 2

Tabela 3.1.3
Wymiary dwuelementowej anteny 28 Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 12 mm [mm]*
Promiennik	0	2092	2088
Direktor	430	1938	1928

Tabela 3.1.4
Wymiary trzelementowej anteny 18 Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 11,5 + 8 mm [mm]
Reflektor	0	2142	2164
Promiennik	600	2028	2065
Direktor	1535	1874	1907

Uwaga:

* elementy złożone są z dwóch rurek o podanych średnicach włożonych jedna do drugiej

Tabela 3.1.5

Długości kabla w układzie dopasowania

Długość kabla (ekranu) [mm]	Typ kabla	Współczynnik skrócenia
715	RG58 + RG59	0,66
875	Aircell5 + kabel TV kablowej	0,82

Tabela 3.1.6

Wymiary trzelementowej anteny 28 Ω dla 70,2 MHz

Element	Położenie [mm]	Długość dla średnicy 10 mm [mm]	Długość dla średnicy 12 mm [mm]
Reflektor	0	2154	2150
Promiennik	660	2026	2020
Direktor	1320	1890	1880

Tabela 3.1.7

Wymiary elementów *Hentenny* dla średnicy 12 mm

Segmenty (numeracja wg. rys. 3.1.3)	Długość dla pasma 70 MHz [mm]	Długość dla pasma 50 MHz [mm]
1, 6, 7 (poziome) – 0,15 λ	645	900
3, 5 (pionowe) – 0,5 λ	1679	2443
2, 4 (pionowe) – 0,1 λ	448	625
8, 9 (reflektory) – 0,62 λ	2072	2900
Odległość reflektor-pętla – 0,16 λ	680	975

Literatura i adresy internetowe

[3.1.1] <http://dk7zb.darc.de/4m/2-EI-4m-Yagi.htm>

[3.1.2] <http://dk7zb.darc.de/4m/3-EI-4m-Yagi.htm>

[3.1.3] <https://www.qsl.net/dk7zb/Duoband/Triband-Yagi.htm>

[3.1.4] <https://www.qsl.net/dk7zb/Quadlong/Hentenna.htm>

[3.1.5] „Biblioteka polskiego krótkofalowca” tom 50, „Anteny ultrakrótkofalowe 1”

4. Anteny na pasma 2 m i 70 cm

4.1. Antena Yagi do łączności EME

Opisana w numerze 1/2023 *Funkamateura* antena jest przeznaczona do łączności EME w paśmie 70 cm emisją Q65 z rodziny WSJT-X. Konstruktor korzystał z niej w terenie dzięki czemu możliwe było skrócenie linii zasilającej do 3 m i dzięki temu znaczne zmniejszenie wnoszonego przez nią tłumienia. Doprowadzona moc 25 – 50 W umożliwiała konstruktorowi prowadzenie łączności przez odbicie od Księżyca emisją Q65-B. Możliwe jest doprowadzenie mocy 100 W. Zysk antenowy wynosi około 18,4 dBi czyli mniej więcej 16,3 dBd. Przy mocy doprowadzonej 50 W moc EIRP równa się w przybliżeniu 3,3 kW.

Stacje o skromniejszym wyposażeniu powinny na początek starać się odebrać silniejszych korespondentów i zoptymalizować położenie anteny na maksimum odbieranego sygnału i dopiero potem rozpocząć łączność.

Antena GTV 70-23m jest 23-elementową anteną Yagi o długości 5,3 m. Promiennik jest wykonany z dwóch odchylonych do tyłu płaskowników aluminiowych o grubości 2 mm (fot. 4.1.1). Najsilniejsze prądy płyną w dyrektorach D1 i D2 (rys. 4.1.3). Cechą charakterystyczną konstrukcji jest minimalizacja listków bocznych i tylnych.

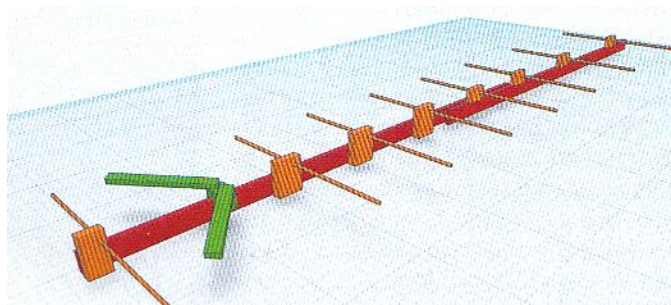
W przypadku promiennika prostego impedancja wejściowa anteny wynosiłaby 17 Ω , ale dzięki odchyleniu jego połówek do tyłu uzyskuje się impedancję 50 Ω bez dodatkowych strat lub innych niekorzystnych efektów.

Tabela 4.1.1. Wymiary i położenie elementów anteny GTV 70–23m

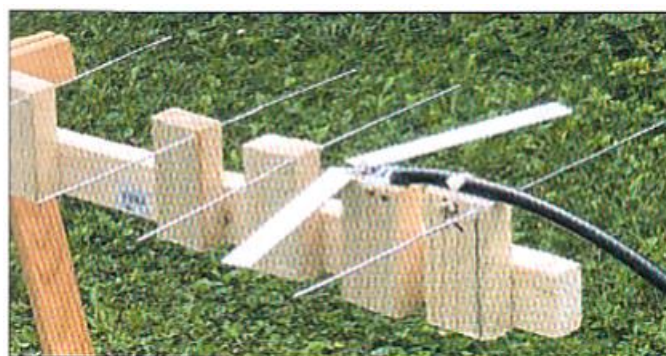
Element	d [mm]	l [mm]	Położenie na nośniku [mm]
Reflektor	2,2	339,5	40,0
Promiennik (DE)	*	313,5	144,5
D1	2,2	323,5	193,0
D2	2,2	320,0	286,0
D3	2,2	310,8	468,0
D4	2,2	306,0	681,0
D5	2,2	303,9	928,0
D6	2,2	300,7	1192,0
D7	2,2	297,3	1465,0
D8	2,2	296,5	1747,0
D9	2,2	294,4	2032,0
D10	2,2	291,8	2310,5
D11	2,2	291,0	2585,0
D12	2,2	289,5	2858,0
D13	2,2	289,0	3138,0
D14	2,2	285,5	3406,0
D15	2,2	284,5	3674,0
D16	2,2	281,9	3937,0
D17	2,2	280,0	4199,0
D18	2,2	279,3	4475,0
D19	2,2	275,5	4765,0
D20	2,2	272,5	5038,0
D21	2,2	264,5	5280,0

Do skonstruowania anteny niezbędne są trzy listwy dachowe drewniane o długości 3 m, co najmniej 12 drucianych wieszaków do ubrań (z pralni itp.), 3 m kabla koncentrycznego 50 Ω i 0,4 m listwy aluminiowej 20 x 2 mm. Jak wynika z tabeli długości elementów i miejsca ich umieszczenia muszą być zmierzone z dokładnością 0,1 mm.

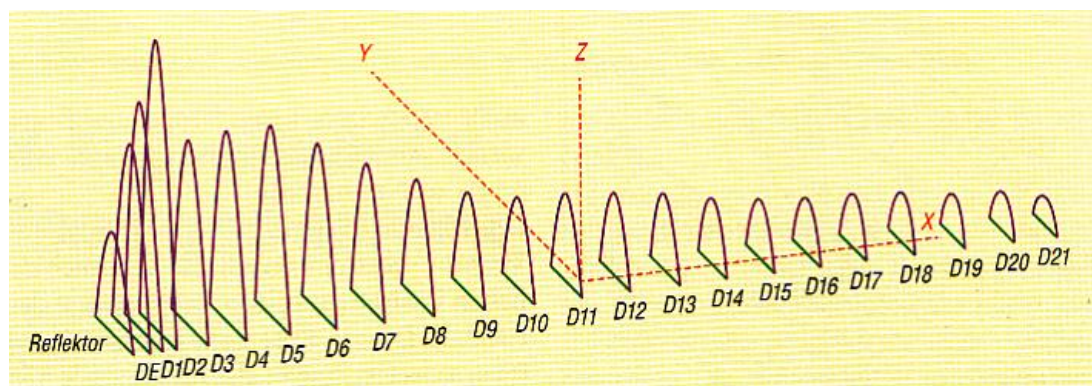
Nośnik anteny składa się z dwóch listew zachodzących na siebie na długości 65 cm i skręconych ze sobą za pomocą czterech śrub. Sposób umocowania elementów anteny przy użyciu drewnianych klocków wyciętych z trzeciej listwy przedstawia fot. 4.1.2. Elementy znajdują się 4,5 cm nad nośnikiem. Są one przyklejone za pomocą kleju na gorąco w otworach wywierconych w klockach. Szerokości wiązki głównej w pionie i w poziomie wynoszą w przybliżeniu 15° . Naprowadzanie anteny na księżyc jest więc konieczne tylko co około 15 minut.



Rys. 4.1.1. Komputerowy model anteny GTV 70–23m



Rys. 4.1.2. Sposób montowania elementów na nośniku



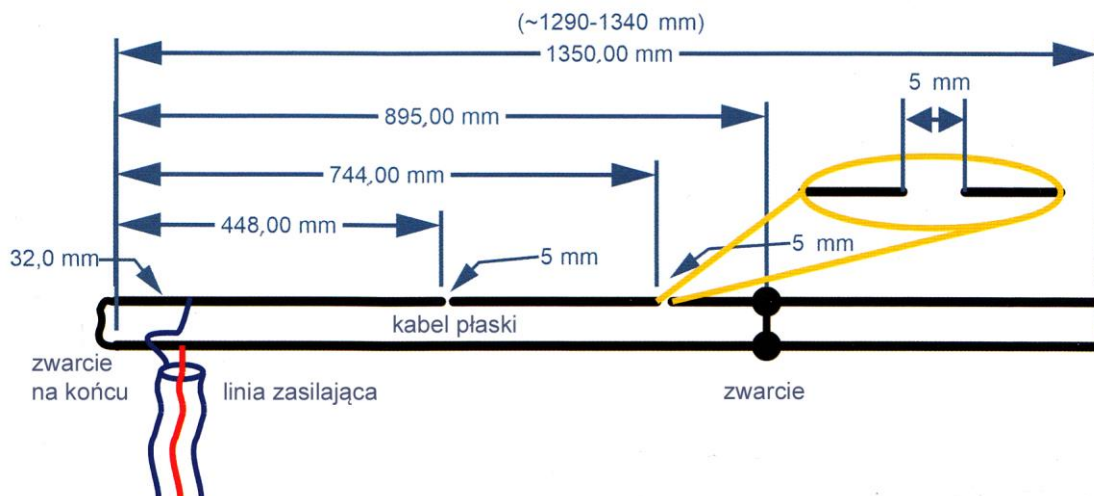
Rys. 4.1.3. Rozkład prądów w elementach anteny



Rys. 4.1.4. Gotowa antena i sposób nastawiania kierunku

[4.1.1] „Mit selbst gebauter Yagi-Antenne auf 432 MHz zum Mond und zurück“, Daniel Eberli – HB9EHD, Daniel Gautschi – HB9CRQ, Dipl. Ing. Hartmut Klüver – DG7YBN, *Funkamateureur* 1/2023 str. 50.

4.2. Antena J z płaskiego kabla



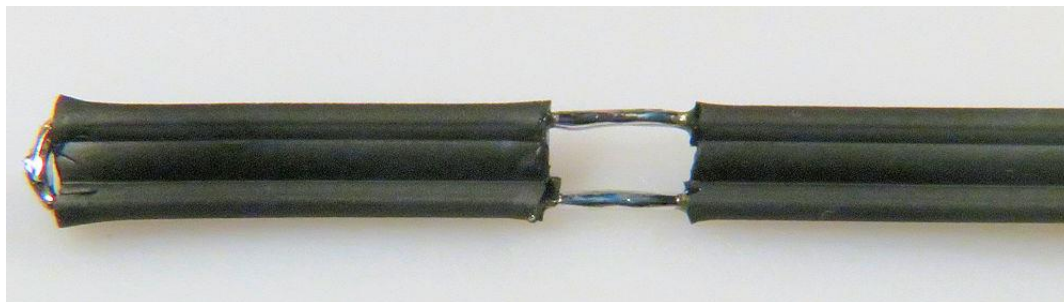
Rys. 4.2.1. Wymiary i konstrukcja anteny

Prostą konstrukcyjnie i lekką antenę do stosowania w terenie i nie tylko można wykonać z płaskiego kabla telewizyjnego 240 Ω , dawniej powszechnie stosowanego w instalacjach antenowych albo z płaskiego kabla drabinkowego 450 Ω . Podane na ilustracji wymiary dotyczą wersji wykonanej z kabla telewizyjnego, ale ich przeliczenie nie jest trudne i wymaga tylko uwzględnienia współczynnika skrócenia. Dla kabla telewizyjnego 240 – 300 Ω wynosi on około 0,8 – 0,82, dla 300-omowego CQ562 – 0,9 dla 450-omowego CQ553 – 0,85, a dla 450-omowego kabla drabinkowego dostępnego powszechnie w sklepach krótkofalarskich – 0,9. Przedstawione na rys. 4.2.1 wymiary zmieniają się odpowiednio na ok. 34, 483, 801, 964 i 1473 mm. Antena jest zasilana kablem koncentrycznym (przy krótkich odcinkach do kilku metrów może być to nawet RG-58) na jego miejsce podłączenia należy dobrać dla otrzymania jak najniższego WFS ale wystarczy aby leżał on poniżej 1,4 – 1,5. Dalsza optymalizacja nie daje już znaczących korzyści i stanowi jedynie niepotrzebną komplikację.

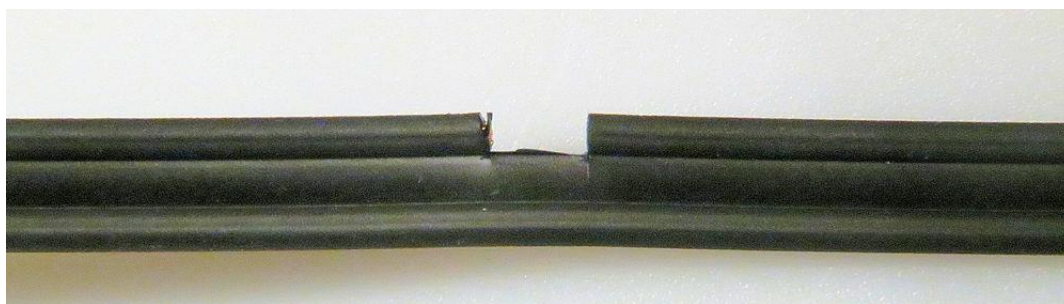
W miejscu podłączenia kabla należy odizolować odcinek o długości około 1 – 1,5 cm i na nim dobierać miejsce przylutowania kabla zasilającego. To samo dotyczy położenia zwory.

Na początek należy też uciąć kabel o nieco większej długości i dobrać ją eksperymentalnie. Przerwy w drugiej żyłce kabla mają długości w przybliżeniu 5 mm ale nie jest ona krytyczna. Kabel zasilający należy umocować do końca anteny tak, aby jego ciężar nie obciążał punktów lutowania i nie powodował ich rozerwania. Miejsca odizolowane należy zabezpieczyć przed wpływami zewnętrznymi np. za pomocą kleju błyskawicznego, a na końcach przerwy można założyć koszulki termokurczliwe. Do pracy w terenie wygodnie jest umocować u góry anteny pętelkę służącą do jej zawieszenia.

Rozwiązania anten typu J na różne zakresy fal przedstawiono w tomach 32, 35 i 49 „Biblioteki polskiego krótkofalowca”.



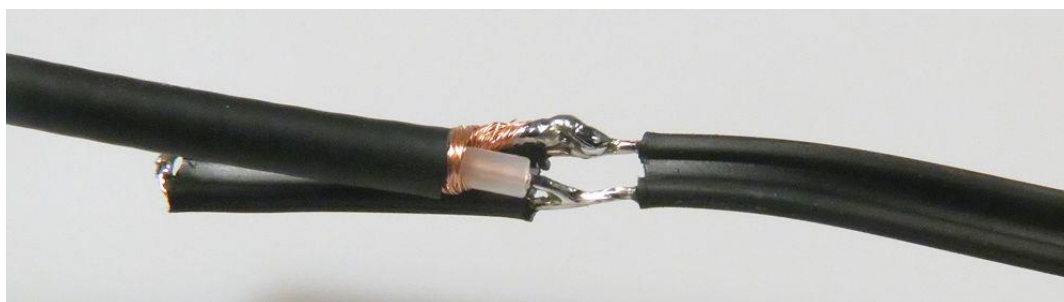
Fot. 4.2.2. Przykład wykonania dolnego końca



Fot. 4.2.3. Przykład wykonania przerwy



Fot. 4.2.4. Miejsce zwarcia



Fot. 4.2.5. Podłączenie kabla zasilającego



Fot. 4.2.6. Pętla u góry anteny służąca do jej zawieszenia



Fot. 4.2.7. Możliwy sposób zabezpieczenia przerwy za pomocą koszulki termokurczliwej

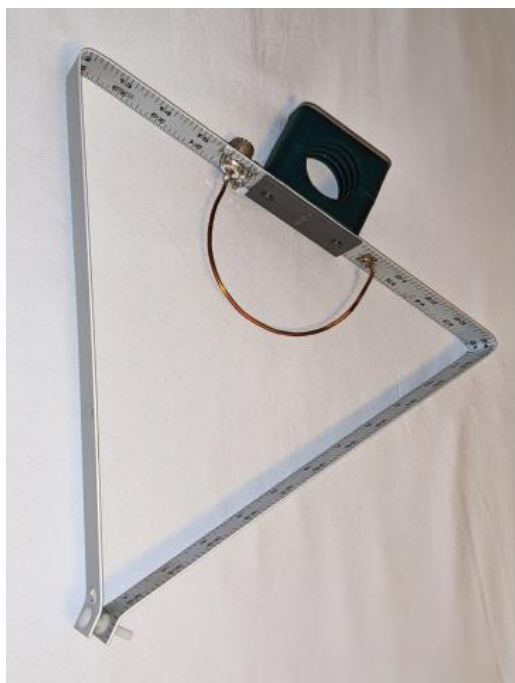
Fot. 4.2.8. Możliwy sposób umocowania kabla na końcu anteny

[4.2.1] „Slim Jim Antenne”, QSP 2/2024 str. 24

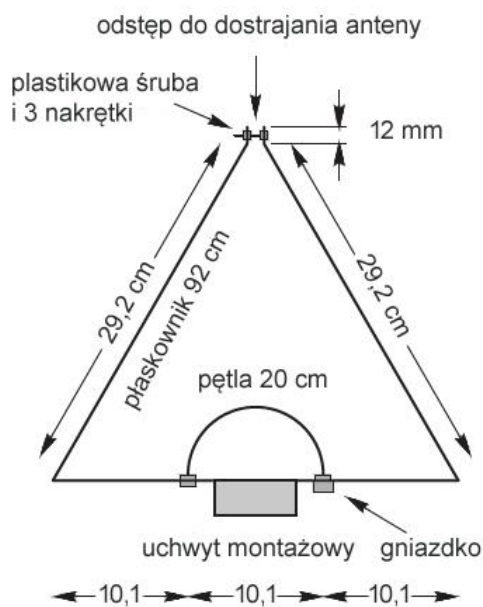
[4.2.2] <http://oe1iah.at/Hardware/Antennen/SlimJim2-70.shtm>

4.3. Trójkątna antena pętlowa na pasmo 2 m

Położona w płaszczyźnie poziomej trójkątna pętla ma charakterystykę dookólną, jest prosta i tania w realizacji.



Fot. 4.3.1. Trójkątna antena pętlowa na 2 m z pętlą zasilającą



QX2211-Quick02

Rys. 4.3.2. Wymiary anteny

Stacje pracujące emisją SSB w paśmie 2 m stosują zasadniczo polaryzację poziomą, ale niektórzy operatorzy (często z konieczności) używają anten pionowych. Nieduża i niedroga antena pętlowa pomaga w zapewnieniu zgodności polaryzacji fali i ułatwia prowadzenie niedalekich łączności. Niektóre z do-

tychczasowych rozwiązań albo przysparzały trudności w budowie albo w montażu na maszcie. W konstrukcji K9BCT stosowany był układ dopasowujący typu gamma, ale okazało się, że zasilanie za pomocą pętli daje lepsze wyniki.

Do konstrukcji pętli użyto aluminiowego płaskownika o długości 92 cm i szerokości około 3 cm. Wymiary anteny przedstawiono na ilustracji 4.3.2. Ma ona kształt trójkąta równoramiennego o ramionach 29,2 cm. Na podstawie trójkąta umieszczony jest uchwyt montażowy i gniazdko antenowe UHF (UC-1). Pętla zasilająca jest wykonana z drutu miedzianego o przekroju 4 mm² i długości 20 cm. Na jej końcu należy wykonać pętelkę (przewód musi więc być dłuższy o 2 – 3 cm), która jest przykręcona do płaskownika za pomocą metalowej śruby ze sprężynującą podkładką. Dla zapewnienia dobrego kontaktu powierzchnię płaskownika należy zadrapać. Gniazdko koncentryczne i koniec pętli znajdują się na jednej trzeciej długości podstawy trójkąta od jego kątów.

Końce boków trójkąta są odgięte na długości 12 mm i skręcone ze sobą za pomocą plastikowej śruby M3 i trzech nakrętek. Pierwsza a nakrętek wraz z główką śruby dociskają koniec jednego z ramion, a dwie pozostałe – koniec drugiego. Dostrojenie do częstotliwości pracy uzyskuje się przez dobranie odległości tych końców. Zakres przestrajania anteny wynosi w przybliżeniu 139 – 148 MHz. Szerokość zakresu pracy dla WFS 2,15 jest w przybliżeniu równy 2,16 MHz, a więc pokrywa w całości europejskie pasmo 2 m. Współczynnik fali stojącej w rezonansie był bliski jedności. Jako ostatni element mocowany jest uchwyt służący do przymocowania anteny do masztu.

Zmierzona przez konstruktora impedancja wejściowa wynosiła 49,4 - j1,43 Ω , była więc prawie równa 50 Ω . Zysk antenowy nie został wprawdzie zmierzony przez konstruktora, ale z symulacji za pomocą 4nec2 wynikało, że jest on nieco większy od zysku dipola. Dla zwiększenia zysku kierunkowego pętle można montować piętrowo w odległości pionowej 5/8 fali. Do ich zasilania służy wówczas kabel z rozgałęźnikiem, przy czym obydwie odcinki od rozgałęźnika do anten mają długości 5/4 fali (lub ogólniej – nieparzystą liczbę ćwiartek fali). Przy obliczaniu ich długości należy uwzględnić współczynnik skrócenia kabli. W dostrajaniu pojedynczej anteny lub ich pary pomocny jest analizator antenowy VNA.

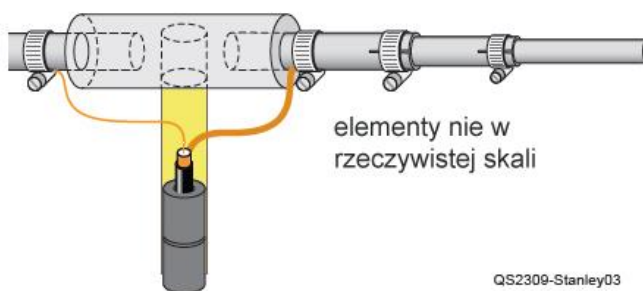


Fot. 4.3.3. Antena zamontowana na maszcie

[4.3.1] „Horizontally Polarized Two-Meter Trangle Loop Antenna“, Richard Quick, W4RQ, QEX 1-2/2023 str. 3

4.4. Szerokopasmowa antena UKF

Antena pozwala na odbiór różnych służb, radiofonii, telewizji i krótkofalowców w szerokim paśmie 88 – 608 MHz. Odbiorczo i nadawczo pokrywane są pasma amatorskie 2 m, 1,25 m (w Europie niedostępne) i 70 cm. Poszczególne służby korzystają bądź z polaryzacji poziomej bądź z pionowej albo ukośnej. Dlatego też ważna jest możliwość łatwej zmiany polaryzacji (fot. 4.4.1). Nieduże wymiary pozwalają na korzystanie z niej również w terenie.



Fot. 4.4.1. Widok anteny w polaryzacji pionowej

Rys. 4.4.3. Szczegóły konstrukcji. Izolator środkowy wykonany z HDPE

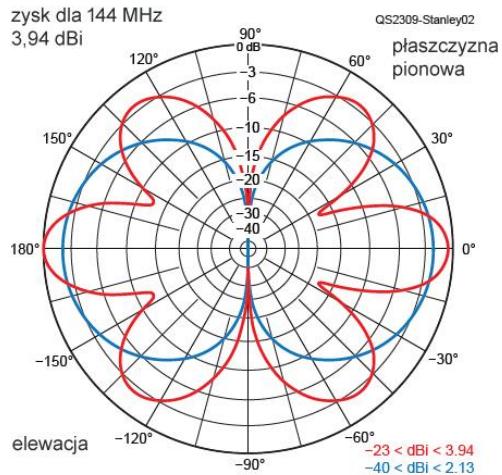
Antena pracuje w zakresie 88 – 235 MHz jako półfalowa, a w zakresie 235 – 608 MHz – jako 3/2-falowa. Charakterystyki promieniowania przedstawia rys. 4.4.2. Przy polaryzacji pionowej charakterystyka kierunkowa jest dookólna.

Dla zmniejszenia strat elementy plastikowe izolatora promiennika i uchwytu anteny są wykonane z polietylenu o dużej gęstości (HDPE) zamiast PCW. Promiennik jest wykonany z wsuwanych teleskopowo rurek aluminiowych: dwóch 6/8 cala x 24 cm, dwóch półcalowych x 25,5 cm i dwóch 3/8 cala x 48,3 cm. Podane średnice są średnicami zewnętrznymi. Grubość ścianek powinna pozwolić na swobodne przesuwanie się rurek o mniejszych średnicach wewnątrz większych. Końcówki rurek są nacięte, aby można było zaciskać je na rurkach wewnętrznych za pomocą obejm (rys. 4.4.3).

Dławik symetryzujący składa się z trzech rdzeni pierścieniowych z materiału 43 nałożonych na kabel antenowy. Konstruktor użył kabla RG-8 z izolacją piankową. Można też przeprowadzić dwa zwoje kabla przez rdzenie o odpowiedniej wielkości. Kabel powinien być doprowadzony pod kątem prostym do dipola na długości 15 cm (nie jest ona krytyczna), a następnie może być zagięty zgodnie z kształtem uchwytu.

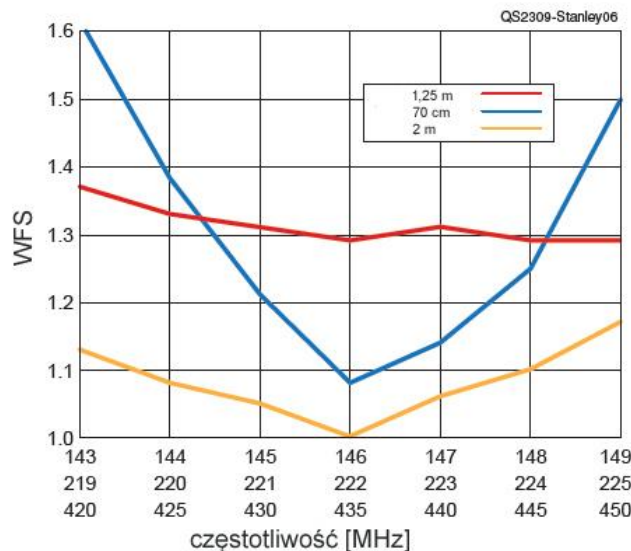
Półfalowy dipol w wolnej przestrzeni ma impedancję wejściową 72Ω , co oznacza dla systemu 50Ω wartość współczynnika fali stojącej (WFS) 1,44. Pojemność występującą między połówkami dipola zrównoważono przez połączenie punktów zasilania w pewnej odległości od środka (długość przewodu środkowego na zdjęciu 4.4.4 wynosi około 8 cm). Dobierając ich położenie można uzyskać WFS równy 1. W konstrukcji przeprowadzono optymalizację dla pasma 2 m, ale WFS w paśmie 70 cm jest również

bardzo dobry (rys. 4.4.5). Dostrojenie polegające na wsuwaniu lub wysuwaniu rurek i optymalizację WFS przez dobór punktów zasilania należy przeprowadzić dopiero po umieszczeniu dławika symetryzującego – tłumiącego falę powierzchniową. Dla dobrania długości w metrach należy korzystać ze wzoru $143 / f$ [MHz] dla dipola półfalowego i trzykrotnie więcej półtorafalowego dla fal decymetrowych. Można dobrać długość dla jednej najważniejszej dla użytkownika częstotliwości, albo zaznaczyć taśmą na rurkach ich położenie dla kilku wybranych. Polaryzację dipola można łatwo obracać dostosowując do polaryzacji stosowanej w pasmach pracy.



Rys. 4.4.2. Charakterystyka promieniowania, linia niebieska dla fal metrowych, czerwona dla fal decymetrowych

Fot. 4.4.3. Szczegóły montażu i podłączenia dipola



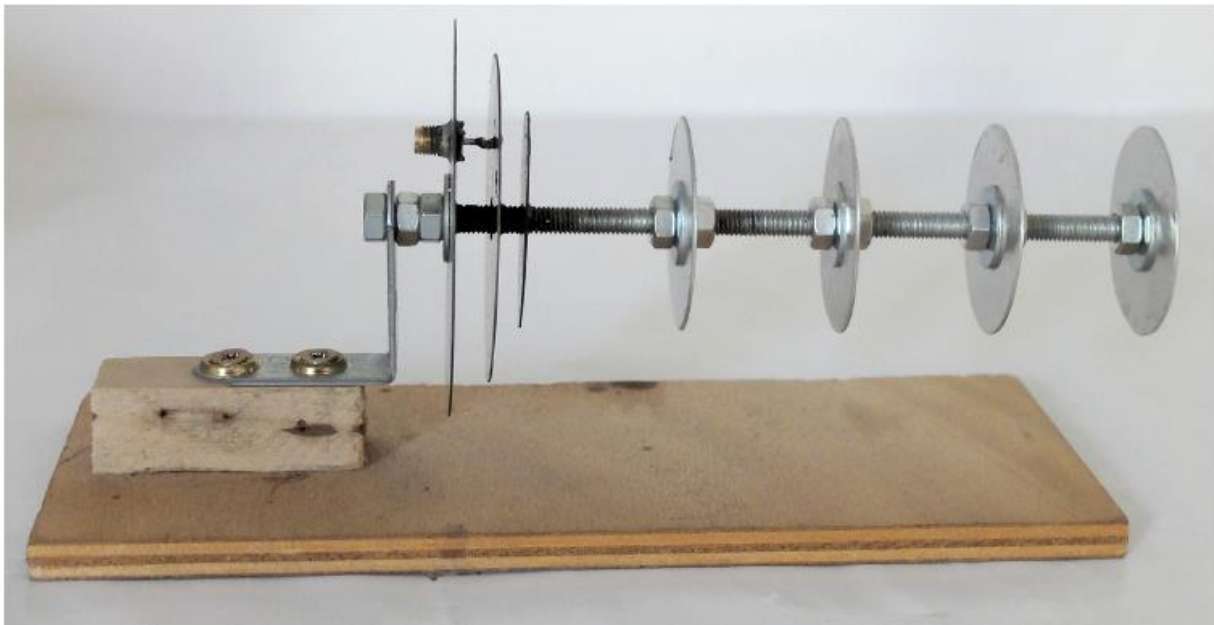
Rys. 4.4.5. Przebieg WFS w pasmach amatorskich

[4.4.1] „A Utility Antenna for 88 to 608 MHz”, John Stanley, K4ERO, QST 9/2023, str 36

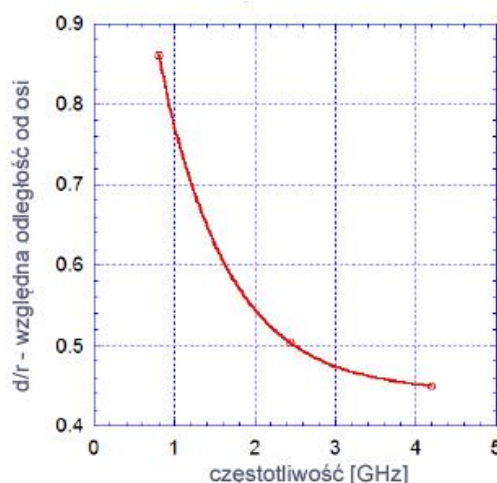
5. Anteny na pasmo 23 i 13 cm

5.1. Antena tarczowa na pasmo 13 cm

Anteny tarczowe charakteryzują się prostotą konstrukcji, znaczną kierunkowością i umiarkowaną szerokością pasma. Są one stosowane głównie z zakresie 1 – 4 GHz. W przedstawionym rozwiązaniu jest ona zasilana przez 2-elementową antenę planarną i zawiera dodatkowo 5 dyrektorów stanowiących cylindryczną strefę falowodową zawężającą charakterystykę promieniowania w porównaniu z listkiem anteny planarnej. Dodatkową zaletą jest to, że nie wymaga ona symetryzatora. Względna szerokość pasma dopasowania dla WFS nie przekraczającego 2 wynosi 5 – 7%. Jest ona ograniczona przez właściwości części planarnej gdyż odcinek falowodowy pracuje w szerokim zakresie częstotliwości. Wymiary anteny zależą od częstotliwości pracy i zysku kierunkowego.



Fot. 5.1.1. Antena tarczowa na 2,45 GHz



Rys. 5.1.2. Względna odległość punktu zasilania od środka dysku dla impedancji wejściowej 50Ω i $h/r = 0,21$

Nośnik opisanej anteny na częstotliwość 2450 MHz stanowi nagwintowany pręt, a tarcze są zamocowane na właściwych pozycjach za pomocą nakrętek (fot. 5.1.1).

W konstrukcji założono średnicę reflektora $2r$ równą długości fali i stosunek odległości promiennika od reflektora h równy $0,21 r$. Względna odległość punktu zasilania od środka promiennika w stosunku do promienia r przedstawia wykres na rysunku 5.1.2. Czerwonym kwadracikiem zaznaczono częstotliwość $2,45$ GHz i odpowiadający jej stosunek d/r .

Odległość dysków dla strefy falowodowej przyjęto na $0,25 \lambda_0$ (długości fali w powietrzu, wynoszącej $122,45$ mm).

Wymiary anteny uzyskane w oparciu o symulację w programie HFSS podaje tabela 5.1.1. Dyski są wykonane ze stali ze względu na stabilność mechaniczną, ale można je też wykonać z brązu.

Tabela 5.1.1

Dane anteny dla częstotliwości $2,45$ GHz ($\lambda_0 = 122,45$ mm)

Parametr	Wartość	Parametr	Wartość
Całkowita długość	137,0 mm	Średnica nośnika	5,9 mm
Grubość dysków	0,5 mm, nie jest krytyczna	Średnica reflektora	122,4 mm
Średnica promiennika	66,05 mm	Odstęp reflektor-promiennik	6,93 mm
Odległość środkowego kontaktu SMA od osi	14,97 mm	Odstęp 1 direktora od promiennika	7,65 mm
Średnice direktorów	47,7 mm	Odległość między direktorami	30,6 mm
Szerokość wiązki (-3 dB)	44°	Zysk kierunkowy	12 ± 0,5 dBi
Szerokość pasma (WFS < 5)	5%	Długość strefy falowodowej	1 λ_0

[5.1.1] „Build Your Own ‘Gun’ (Disk Yagi) Antenna“, Jean Claud Hénaud, Franck Daout, QEX 5 – 6/2022 str. 14

Dodatek A

Antena KF – 6 m typu MFJ-1898

MFJ-1898 jest wielopasmową anteną pokrywającą zakres 40 – 6 m i przeznaczoną do pracy terenowej. Jak każda antena o mniejszych wymiarach jest rozwiązaniem kompromisowym między wielkością i skutecznością, ale charakteryzuje się konstrukcją odporną na trudne warunki pracy i przystępna ceną. Składa się ona z cewki przedłużającej umieszczonej u dołu i elementu teleskopowego ze stali nierdzewnej o długości 2,21 m. Przy całkowitym złożeniu anteny ma ona długość 55 cm i daje się łatwo transportować, a w pełni wyciągnięta – 262 cm. Dół jest zakończony śrubą o średnicy 3/8 cala (fot. A.1) pasującą do wielu typów podstaw, trójnogów itp. Dobre rezultaty daje dodanie kilku (przykładowo pięciu) przeciwwag trzymetrowych położonych na ziemi.



Fot. A.1. MFJ-1898 ma długość 55 cm przy całkowitym wsunięciu elementów (po lewej)

Fot. A.2. Praca terenowa z anteną umocowaną na dachu samochodu. Wewnątrz podziałka ułatwiająca dostrajanie

Jest ona wyposażona w dopracowany mechanizm strojenia pozwalający na przechodzenie z jednego zwoju cewki na następny. Należy poluzować pierścień mocujący u dołu anteny i przesuwając całość w górę lub w dół aż do uzyskania najniższego WFS. Dla ułatwienia dostrojenia mechanizm jest wyposażony w podziałkę, dzięki czemu użytkownik może sobie zapisać optymalne położenia dla poszczególnych pasm (fot. A.2). Wyniki pomiarów przedstawia tabela A.1. Najczęściej korzystne położenie wypadło w dolnej części cewki. W pasmach 10 i 6 m po przejściu do dolnej pozycji konieczne było skrócenie części teleskopowej o 15 – 25 cm.

Zakres dopasowania dla WFS < 2 ma w paśmie 40 m szerokość 50 kHz i rozszerza się dla wyższych częstotliwości. Dla radiostacji wyposażonych w automatyczną skrzynkę antenową uzyskanie dobrego dopasowania nie jest większym problemem. Dotyczy to w szczególności pasm 40 i 30 m.

Maksymalna dopuszczalna moc doprowadzona wynosi 125 W co nie stanowi praktycznie ograniczenia dla nadajników 100 W przy pracy emisją SSB. Dla emisji cyfrowych o stałej obwiedni, takich jak FT8 zaleca się jednak obniżenie mocy nadawania.

Antena dobrze sprawdziła się w pracy terenowej emisjami SSB i FT8 w paśmie 20 m w niekorzystnych warunkach propagacyjnych. Wyniki w paśmie 40 m były nieco gorsze, ale można było się tego spodziewać ze względu na jej małą długość.

Anteny o małych wymiarach zawsze stanowią kompromis między ich wielkością i skutecznością, ale MFJ-1898 okazała się być udanym kompromisem. Dodatkową zaletą jest jej odporna na niekorzystne warunki konstrukcja.

Tabela A.1

Dostrojenie anteny MFJ-1898 (pomiar WB8IMY, nie zweryfikowane w laboratorium ARRL)

Częstotliwość [MHz]	WFS	Podziałka
7,18	2	12,9
10,1	1,8	6,7
14,1	1,2	3,3
18,1	1,4	2,7
21,1	1,4	1,9
24,9	1,4	1,2
28,4	1,5	0 (skrócona część teleskopowa)
50,125	1,3	0 (skrócona część teleskopowa)

[A.1] „MFJ-1898 Portable HF 6-Meter Antenna“, Steve Ford, WB8IMY, QST 8/2023 str. 45

Literatura i adresy internetowe

Roczniki 2019 – 2024 Świata Radio, Funkamateura, CQDL, QST, QEX i QSP
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, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 50 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 1, wydanie 1 (2020) i 2 (2022)
- Nr 51 – „Anteny krótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- Nr 52 – „Anteny ultrakrótkofalowe” Tom 2, wydanie 1 (2020) i 2 (2023)
- 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 numerów 9 i 10, wydanie 2 (2022)
 - Nr 65 – „Testy sprzętu” Tom 4
 - Nr 66 – „Mieszanka firmowa” Tom 1
 - Nr 67 – „Mieszanka firmowa” Tom 2
 - Nr 68 – „System LoRa”
 - Nr 69 – „Poradnik cyfrowego głosu”
 - Nr 70 – „Konstrukcje antenowe”
-
- Nr 356 – „Słownik historycznych terminów z elektroniki i radiotechniki”

