

Szerokopasmowe anteny KF

Jedną z ważniejszych części składowych każdego urządzenia odbiorczego, a tym bardziej nadawczo-odbiorczego (transceivera), jest system antenowy. Zasięgi łączności zależą w istotnej mierze od prawidłowo wykonanej i zestrojonej anteny. Często gorsze wyniki osiągane są przy złej, niedopasowanej antenie i nadajniku o mocy kilkuset watów niż przy dobrej antenie (systemie antenowym) i mocy nawet kilkuset miliwatów. Dla tych Czytelników, którzy nie zajmowali się do tej pory antenami, przedstawiamy kilka pomysłów i propozycji, które pomogą w prawidłowym zainstalowaniu i zestrojeniu systemu antenowego. Wiadomości te przydadzą się na pewno podczas uruchamiania każdego urządzenia nadawczo-odbiorczego (na przykład transwertera KF/CB opisanego w „EP” 10/93).

Anteny jednopasmowe są proste w konstrukcji, zapewniają niemal idealne dopasowanie do nadajnika i są najczęściej budowane przez amatorów dysponujących odpowiednią przestrzenią do zainstalowania anten. W przypadku braku miejsca do zainstalowania kilku anten, na przykład w dużych ośrodkach miejskich, stosuje się anteny wielopasmowe. Należy pamiętać, że jest to zawsze kompromis pomiędzy wygodą zainstalowania (niewielkie wymiary) a dopasowaniem i uzyskiwanym współczynnikiem fali stojącej.

W skład każdego systemu antenowego wchodzi:

- część promieniująca, zwana promiennikiem lub radiatorom,
- linia zasilająca (kabel antenowy czyli fider),
- układ dopasowania anteny do nadajnika (często pomijany ze względu na znormalizowaną impedancję 50 czy 75Ω).

Zadaniem promiennika jest wypromieniowanie w przestrzeń dostarczonej do niego energii w.cz.

Promiennik charakteryzuje się zakresem częstotliwości, impedancją wejściową, polaryzacją, współczynnikiem kierunkowości, zyskiem.

Linia zasilająca ma za zadanie doprowadzenie do części promieniującej anteny energię w.cz. z możliwie najmniejszymi stratami. Jednym z ważniejszych parametrów linii zasilającej jest jej impedancja charakterystyczna zwana opornością falową Z_0 . Jest to stosunek napięcia do prądu biegnącej przez linię fali. Po zamknięciu linii na końcu rezystancją $R = Z_0$ w linii wystąpi tylko fala bieżąca, czyli cała energia przesłana przez linię zostanie wydzielona na rezystancji. W przypadku kiedy impedancja charakterystyczna linii jest różna od impedancji obciążenia Z , w linii wystąpi fala stojąca, zaś część energii zostanie odbita od anteny. Im większe będzie niedopasowanie, tym większa fala stojąca wystąpi w linii i tym większy będzie współczynnik odbicia. Współczynnik fali stojącej (WFS) jest zawsze większy od 1 i jest równy stosunkowi obu impedancji:

$$WFS = Z_0/Z \text{ lub } WFS = Z/Z_0$$

Współczynnik fali stojącej można określić przy pomocy specjalnego miernika, który był już opisany na naszych łamach („EP” 9/93).

Trzeba przypomnieć, że im WFS jest większy, tym większa jest moc odbita, czyli nie wykorzystana do

nadawania sygnału. Ta moc wraca do nadajnika i zostaje zazwyczaj przekształcona w energię ciepłą. W wyniku tego zjawiska może dojść do uszkodzenia stopnia mocy nadajnika oraz pojawić się mogą interferencje zakłócające odbiór telewizyjny i radiowy.

Przyczynami niedopasowania wywołującego zbyt duży WFS mogą być:

- wadliwe połączenie z masą,
- źle przyłutowane do przewodu antenowego wyprowadzenia wtyku (tzw. „zimny lut“),
- niewłaściwa impedancja przewodu antenowego, na przykład zastosowanie kabla 75Ω zamiast 50Ω,
- nieprawidłowo wykonany promiennik (zbyt długi lub zbyt krótki),
- niedopasowanie fidera do anteny.

Przykłady anten jednopasmowych

Anteny krótkofalarskie można podzielić pod względem polaryzacji na pionowe (ground plane) i poziome (dipol, yagi...).

Wymiary anten zależą od częstotliwości fali (lub - inaczej mówiąc - od jej długości). Pomiedzy częstotliwością a długością fali (λ) zachodzi ścisły związek:

$$F \text{ [kHz]} = 300\ 000/\lambda \text{ [m]}$$

albo

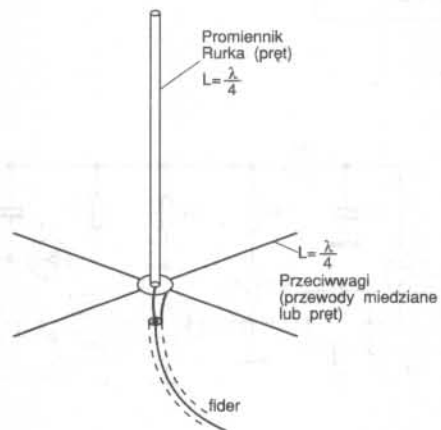
$$F \text{ [MHz]} = 300/\lambda \text{ [m]}$$

W praktyce najczęściej znamy częstotliwość, a wyliczamy długość fali, posługując się wzorem:

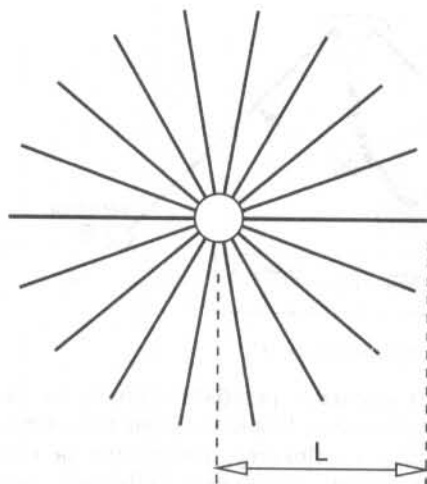
$$\lambda \text{ [m]} = 300/F \text{ [MHz]}$$

Antena ground plane („GP“)

Jest to antena pionowa, najprostsza i bardzo skuteczna w dalekich łącznościach (rys. 1a). Posiada dookólną charakterystykę promieniowania. Promiennik tej anteny (część pionowa) może być wykonany z pręta, rurki duraluminiowej bądź nawet z przewodu miedzianego o wystarczającej sztywności. U podstawy anteny, w płaszczyźnie poziomej, wykonuje się z drutu trzy lub cztery promienie



Rys. 1a. Antena "ground plane"



Rys. 1b. Przeciwwagi anteny "ground plane": 18 przeciwwag, $L = \text{ok. } 0,10\lambda$

(przeciwwagi) o długości ćwierć fali, które stanowią sztuczną płaszczyznę ziemi. Rezystancja promieniowania takiej anteny wynosi 30...35Ω. Dlatego też w celu dopasowania do kabla 50Ω rozgina się przeciwwagi do dołu pod kątem 135 stopni (pozwala to wyeliminować konieczność stosowania dodatkowych transformatorów dopasowujących).

Anteny typu ground plane stosuje się głównie w pasmie CB i VHF (wynika to z niewielkich wymiarów anteny dla tych pasm). Dla zakresu CB promiennik i przeciwwagi mają długość około 275cm, zaś dla pasma 2m (144MHz) - 49cm. Dla niższych zakresów fal anteny takie montuje się na powierzchni ziemi. Ziemia przeważnie ma złą przewodność, skąd bierze się oporność, która dodaje się szeregowo do oporności promieniowania. Oporność masztu, nawet wkopanego głęboko, wynosi około 100Ω. Sprawność jest rzędu 25%, co jest nie do przyjęcia. Wynika stąd potrzeba skutecznie przewodzącej powierzchni ziemi, a więc przeciwwag, które najlepiej będzie płytko zakopać w ziemi.

Przykładowo, około sto przeciwwag obniży oporność ziemi do 3Ω, sprawność wyniesie więc blisko 95% (w przypadku poniżej 15 przeciwwag - sprawność 70%). Przy 15 przeciwwagach każda z nich powinna mieć długość 0,10λ, czyli dla CB 11,03 x 0,10 = 1,10m. Natomiast przy 48 przeciwwagach długość każdej powinna wynieść 0,25λ, czyli dla CB - 11,03 x 0,25 = 2,75m. Widać stąd, że im więcej przeciwwag, tym powinny być dłuższe. Rys. 1b przedstawia schematyczny szkic przeciwwagi. Na poziomie ziemi łatwo również wykonać antenę pełnofalową.

Anteny poziome

Anteny poziome to z reguły dipole, najprostsze i najczęściej stosowane w zakresie KF. Mają one prostą, znormalizowaną impedancję promieniowania, co eliminuje konieczność stosowania odrębnego dopasowania do linii zasilającej. Anteny takie mogą być wykonane z dowolnego przewodu lub linki miedzianej (chodzi tylko o to, aby konstrukcja była odporna na działanie wiatru).

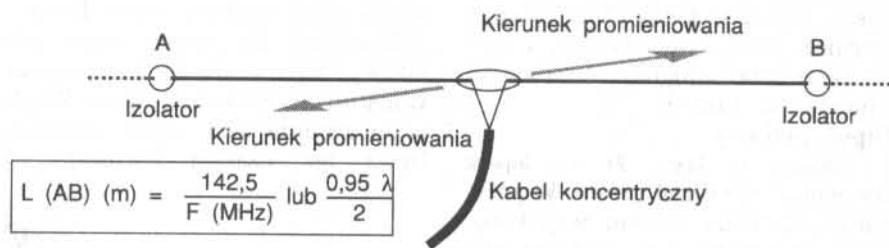
Oto kilka zasad budowy anten z przewodu:

- w zasadzie potrzebne są dwa punkty mocowania z uwzględnieniem obciążenia w środku;
- antena powinna być zawieszona jak najwyżej;
- powinna być możliwie oddalona od wszelkich mas metalowych (nie należy zapominać, że beton jest zbrojony metalem...);
- antena powinna być dostosowana do długości fali.

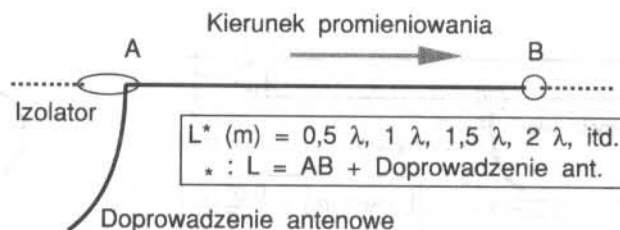
Dipol prosty

Antena, której schemat jest pokazany na rys. 3, może być zasilana przewodem współosiowym 75Ω typu telewizyjnego (z niewysoką sprawnością), jest niedroga i łatwa do wykonania. Do jej konstrukcji można użyć drutu miedzianego ale trzeba pamiętać, że pod obciążeniem może się on rozciągnąć.

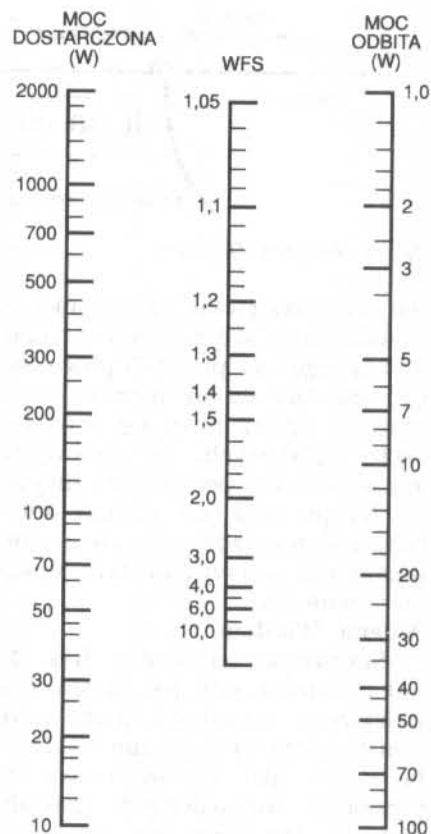
Charakterystyka promieniowania dipola półfalowego w płaszczyźnie poziomej ma kształt ósemki z maksimum przypadającym w kierunkach prostopadłych do anteny. Długości ramion dipola dla popularnego pasma amatorskiego 80m wynoszą z reguły 2 x 19,5m.



Rys. 3. Dipol prosty



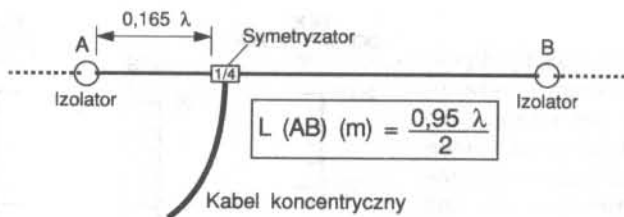
Rys. 4. Antena typu "long wire" ("L")



Rys. 2. Nomogram do obliczania WFS. Sposób użycia: Pomiedzy punktem mocy dostarczonej i mocy odbitej należy poprowadzić prostą. Jej przecięcie ze środkową osią WFS wyznacza wartość WFS. Znając moc dostarczoną i WFS, można w ten sam sposób wyznaczyć moc odbitą.

Antena long wire („L“)

Anteny long wire (rys. 4) mogą pracować w zasadzie na dowolnej częstotliwości (z dodatkowym układem dostrojeniowym), jednak ze względu na znikome tłumienie zakłó-



Rys. 5. Antena Windom

ceń wykorzystywane są stosunkowo rzadko. Mogą być nachylone, biorąc pod uwagę, że punkt B powinien być umieszczony jak najwyżej. Długość tej anteny liczy się w odcinkach półfalowych. Jej sprawność jest wyższa przy pełnofalowej długości. Im przewód jest dłuższy (długość + doprowadzenie), ale o wielokrotności połowy fali, tym lepsza kierunkowość.

Antena Windom

Sprawność tej anteny (rys. 5) jest niewielka, jeśli jest krótka. Dla zwiększenia sprawności trzeba użyć symetryzatora o przełożeniu 1:4. Działa za to jako wielozakresowa na parzystych harmonicznych częstotliwości podstawowej (np. 3,5 - 7 - 14 - 28MHz).

Antena „odwrócone V“ („Inverted V“)

Jest ona bardzo sprawna i może być używana jako przenośna. Oblicza się ją jak podwójnie półfalową (rys. 6).

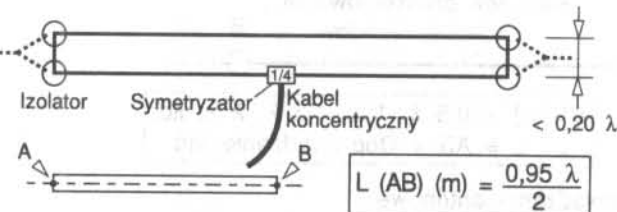
Antena pętlowa „Delta“

Ma ona kształt trójkąta, którego wierzchołek jest umieszczony na wysokości 12m a podstawa 2m nad powierzchnią ziemi. Może być zasilana przewodem współosiowym 50Ω, na końcu którego dodany jest ćwierćfalowy, zależnie od jego jakości, odcinek kabla 75Ω. Można również użyć symetryzatora 1:2.

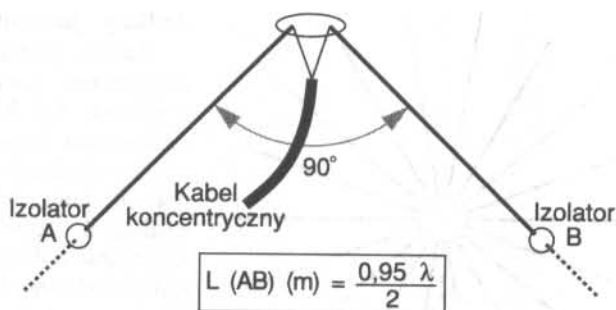
Całkowita długość L (obwód trójkąta) = 1,02 λ.

Dipol pętlowy

Antena ta (rys. 7) ma lepszą sprawność niż dipol prosty. W przypadku zasilania kablem współosiowym konieczne jest zastosowanie symetryzatora 1:4.



Rys. 7. Dipol pętlowy



Rys. 6. Antena typu „odwrócone V“

Antena „kwadrat“

Antena tego typu (rys. 8) jest używana na niskich pasmach amatorskich, jeżeli dysponuje się wystarczająco dużym terenem. Warto ją wypróbować, wyniki będą zaskakujące. Zalecana wysokość zainstalowania wynosi około 12m. Zwykle nie stosuje się symetryzatora (istnieje bezpośrednie dopasowanie do kabla zasilającego). Długość boku anteny otrzymuje się dzieląc otrzymaną z obliczenia całkowitą długość anteny przez 4. Trzeba potem dokładnie skorygować długość jej ramion (aby uzyskać możliwie najlepszy WFS).

Anteny typu „Yagi“ (rys. 9...13)

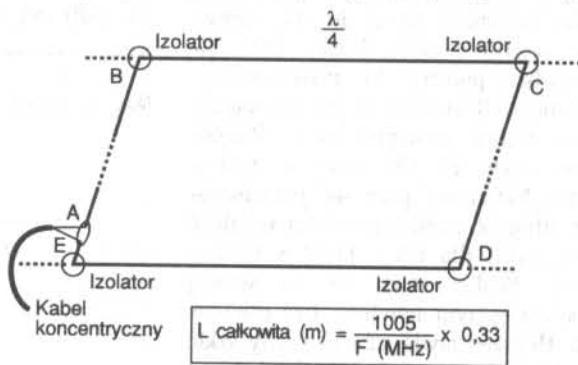
- Klasyczna antena Yagi składa się z:
- wysięgnika
 - jednego lub więcej reflektorów
 - jednego lub więcej dyrektorów
 - radiatora (promiennika)
 - systemu umożliwiającego przekazywanie energii (dopasowanie gamma, dopasowanie beta, symetryzator).

Radiator jest elementem czynnym anteny Yagi. Otrzymuje z nadajnika prąd wielkiej częstotliwości, a działa tak jak zwykły dipol półfalowy. Jego wielkość jest dopasowana do częstotliwości pracy. Zwykle w antenie jest jeden radiator, bywa też czasem i więcej, jak

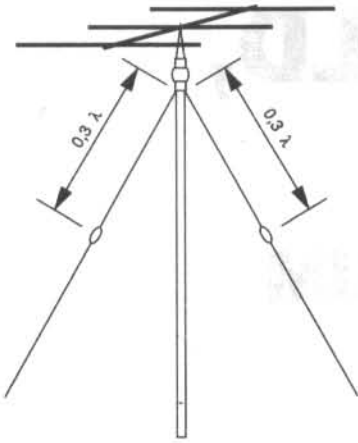
w antenach przedstawionych na zakończenie. Pozostałe elementy, direktory i reflektory, nazywane są elementami biernymi. Odbierają one część energii emitowanej przez radiator, a ponieważ nie są z niczym połączone, reemitują ją z powrotem. W zależności od wzajemnego położenia danego elementu względem radiatora, ta wspólna emisja w danym kierunku albo się dodaje, albo odejmuje (efekt ten nazywa się zyskiem anteny). Elementy bierne mają inne wymiary niż radiator, prądy w nich nie są więc całkiem synfazowe. Direktory są zawsze krótsze od radiatora o około 5%, natomiast reflektory dłuższe o około 5 do 10%. Ziemia odgrywa ważną rolę wobec anteny Yagi, która nie powinna pracować na wysokości mniejszej niż 1/4 długości fali, czyli np. dla pasma CB 11/4 = ok. 3m od ziemi. Im wyżej, tym lepiej, chociaż dla anteny czteroelementowej wysokość nie jest tak ważna.

Trzeba również pamiętać że: zysk anteny zmniejsza się szybko ze skracaniem długości reflektorów i wydłużaniem długości dyrektorów, natomiast w przeciwnym wypadku zysk zmienia się w mniejszym stopniu.

Wysięgnik jest wspornikiem elementów anteny i tworzy z nimi jedną całość. W przypadku anteny trzyelementowej długość wysięgnika wynosi



Rys. 8. Antena typu „kwadrat“



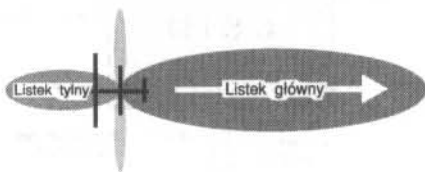
Rys. 9. Konstrukcja odciągów anteny Yagi

$0,3\lambda$ czyli $11,03 \times 0,3 = 3,309\text{m}$. Nie należy nigdy stosować wisięgnika krótszego niż $0,2\lambda$, ani dłuższego od $0,4\lambda$, prowadzi to bowiem do obniżenia zysku. Szerokość pasma przeniesienia wynosi około 2,5% właściwej częstotliwości anteny.

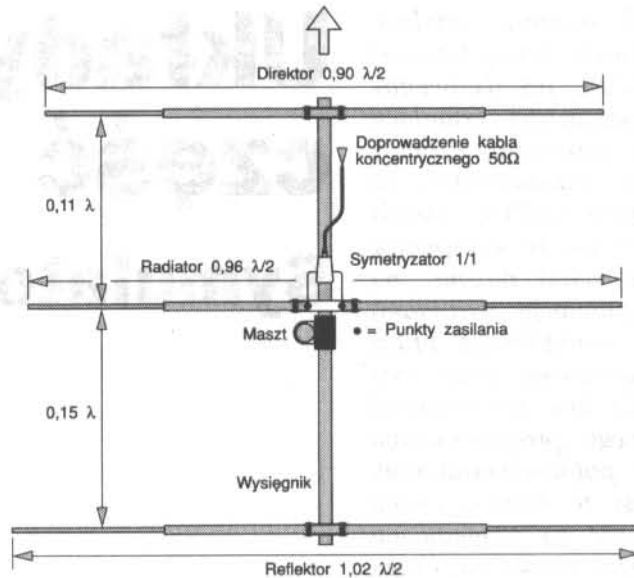
Umieszczenie anteny Yagi na maszcie wymaga zastosowania odciągów. Każdy odciąg powinien zostać przedzielony izolatorem w odległości około $0,3\lambda$ od masztu, dla uniknięcia niepożądanych rezonansów i interferencji.

Strojenie anten

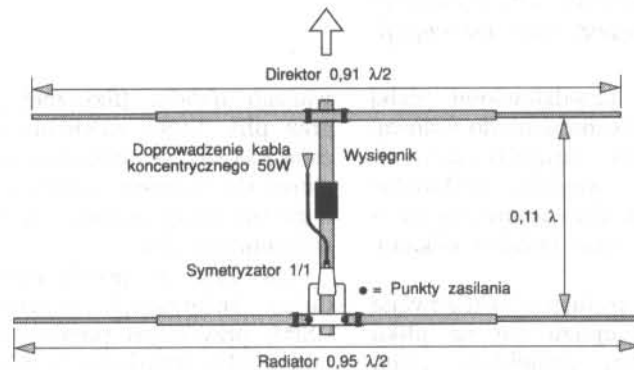
Niezależnie od tego, jaki wybraliśmy typ anteny, musimy sprawdzić WFS na początku, środku i końcu zakresu pracy. Pierwszą czynnością po stwierdzeniu zbyt dużego WFS będzie oczywiście dostrojenie anteny (dobranie długości radiatora i przeciwwag): musimy uzyskać minimum wychylenia wskazówki miernika WFS. W przypadku anteny pionowej należy zwrócić uwagę na płaszczyzną uziemienia. Po wyregulowaniu radiatora trzeba zająć się przeciwwagami. Antena ground-plane jest z pewnością anteną najtrudniejszą do dostrojenia. Zwykle jest ona wysoka i lepiej pracować przy niej w dwie osoby (wielokrotne schodzenie z dachu). Jeżeli dysponuje się wystarczającym miejscem na otwartym terenie, najlepiej umieścić ją



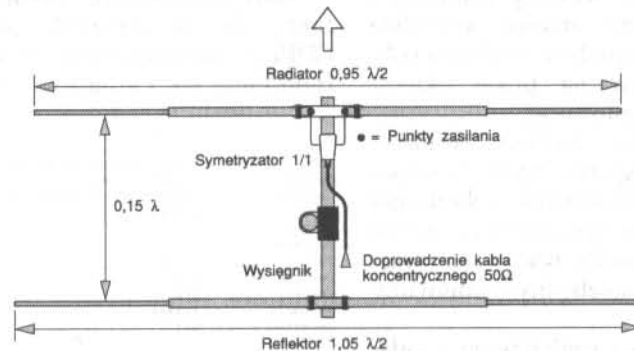
Rys. 10. Teoretyczna charakterystyka kierunkowa trójelementowej anteny Yagi



Rys. 11. Wymiary trójelementowej anteny Yagi



Rys. 12. Wymiary dwuelementowej anteny Yagi z direktorem



Rys. 13. Wymiary dwuelementowej anteny Yagi z reflektorem

na poziomie ziemi. Dla anteny tego rodzaju wykonuje się dużo (a nawet bardzo dużo) przeciwwag. Duża ich ilość zmienia kąt emisji fal i w znacznym stopniu poprawia sprawność anteny.

Ustawienie anteny Yagi

Wysokość tej anteny ponad powierzchnią ziemi powinna wynosić co najmniej jedną długość fali. Przy tego typu antenach najlepiej trzymać się zaleceń producenta.

Jeżeli antena nie daje się dostroić, wówczas nie pozostaje nic

innego, jak wykonanie transformatora impedancji. Wydłużanie lub skracanie anteny nic nie pomoże, trzeba jedynie dopasować impedancje nadajnik - fider - antena. Jednakże obwód dopasowujący pochłania część energii, więc czasem, dla lepszej sprawności, opłaca się pracować z nieco podwyższonym poziomem fali stojącej w antenie. Przyjmuje się, że maksymalna wartość WFS nie może przekraczać 2,0.

Andrzej Janeczek, SP5AHT