

Informacje o antenach używanych w amatorskim pasmie ultrakrótkofalowym 144 ÷ 146 MHz, od najkrótszych anten helikalnych – do długich anten typu Yagi oraz kolinearnych. Teoretyczne podstawy działania oraz rozwiązania techniczne anten. Informacje są podane w sposób popularny, w celu zainteresowania nie tylko krótkofalowców, lecz również wszystkich użytkowników oraz służb profesjonalnych pracujących w zakresie 148 ÷ 173 MHz

Anteny amatorskiego pasma 144 ÷ 146 MHz (1)

Jacek Matuszczyk SP2MBE

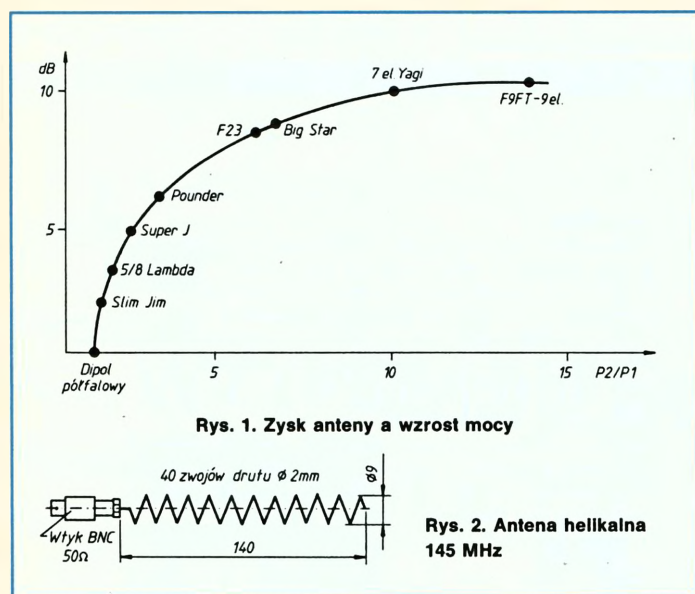
Każde urządzenie nadawczo-odbiorcze nie może działać bez dopasowanej i skutecznej anteny. Wielu profesjonalistów oraz amatorów przekonało się, że do zapewnienia łączności antena jest ważniejsza nawet od samej radiostacji czy radiotelefonu. Zdaniem autora, udział sprawnej anteny stanowi nawet 80% w całym systemie z urządzeniem nadawczo-odbiorczym. Stosowanie dobrych anten jest też uzasadnione ekonomicznie, gdyż o wiele taniej jest zastosować antenę o większym zysku energetycznym, niż zwiększać moc nadajnika po stronie nadawczej oraz czułość odbiornika po stronie odbiorczej. Na rys. 1 jest przedstawiona zależność wzmocnienia sygnału w.c.z. nadajnika (w dB), przy powiększeniu jego mocy z P1 do P2. Jednocześnie na skali logarytmicznej

Ocenę obu sposobów pozostawiam Czytelnikom.

Ogólne zasady określające skuteczność anteny

● **Długość anteny** odpowiadająca długości fali. Dla anten dipolowych jest to najczęściej $1/2 \lambda$, pomnożona przez współczynnik skrócenia K, wynikający ze średnicy elementu wykorzystanego do wykonania dipola. Współczynnik skrócenia jest wprost proporcjonalny do średnicy, tzn. im cieńszy element, tym mniejszy współczynnik skrócenia K. Średnica elementu wpływa na szerokokopasmowość anteny.

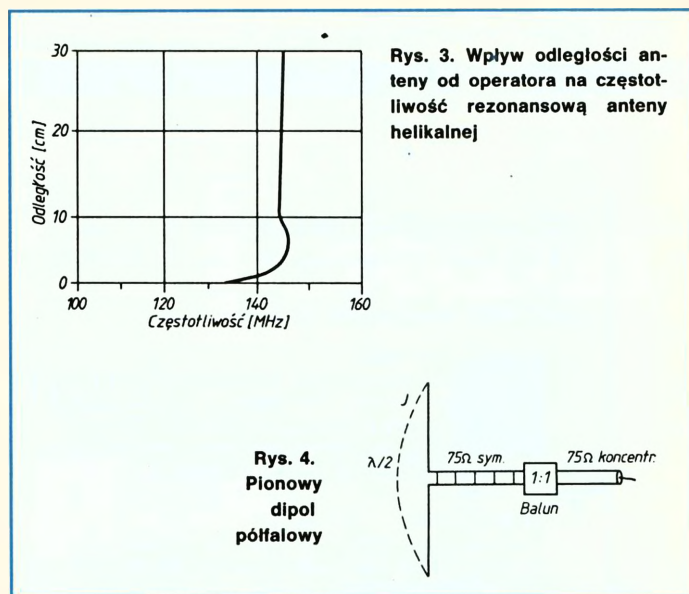
● **Impedancja** – zgodność impedancji anteny z impedancją wyjścia radiotelefonu oraz linią przesyłową (np. 50 Ω). Nie wszystkie anteny mają impedancję zgodną z impedancją radiotelefonu, przez to stosuje się



przedstawiono stosunek mocy do zysków energetycznych różnych anten. Z wykresu wynika, że taki sam efekt co do siły sygnału u naszego korespondenta możemy uzyskać przez:

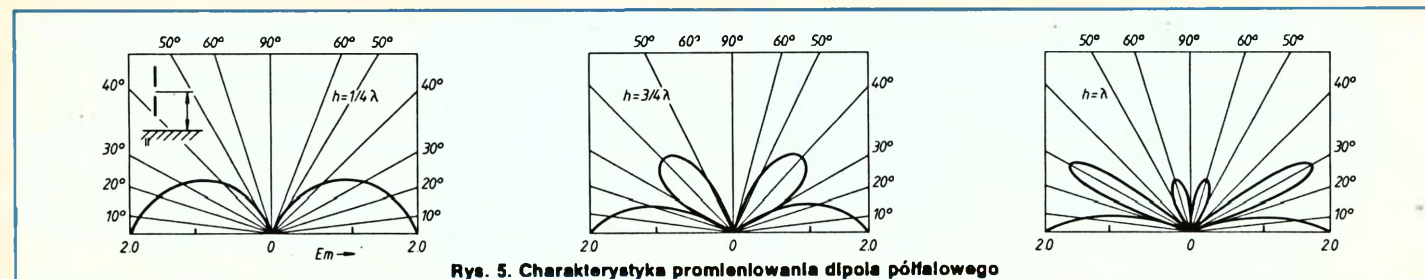
- zwiększenie mocy 10-krotnie,
- użycia zamiast zwykłego dipola, 7-elementowej anteny Yagi o długości ok. 1,8 m (dla $f = 145$ MHz).

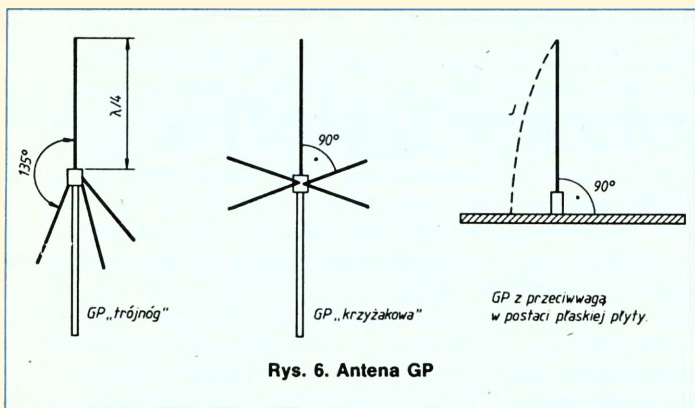
W przypadku rozwiązania b) znacznie poprawia się czułość oraz selektywność po stronie odbiorczej.



baluny (symetryzatory), transformatory lub wykorzystuje się transformujące właściwości linii przesyłowych. W wyniku niedopasowania anteny do linii przesyłowej oraz radiotelefonu powstaje fala stojąca. Część mocy powraca wtedy do radiotelefonu, powodując nagrzewanie się anteny i przewodów. Antena pracuje nieskutecznie (wysoki WFS), o czym od razu wiedzą sąsiedzi radionadawcy patrząc w swoje odbiorniki TV...

● **Symetria**. Antena symetryczna powinna być zasilana kablem symet-





Rys. 6. Antena GP

rycznym, a niesymetryczna – kablem niesymetrycznym. Do anten symetrycznych można zaliczyć wszelkie dipole półfalowe, do anten niesymetrycznych: GP, $5/8 \lambda$, itp. Przy przechodzeniu z układów symetrycznych na niesymetryczne i odwrotnie należy stosować symetryzatory ferrytowe lub też w postaci pętli z kabla koncentrycznego.

● **Faza.** W niektórych antenach lub układach anten konieczna jest zgodność fazy, tzn. kąta przesunięcia natężenia prądu względem napięcia w.c.z.

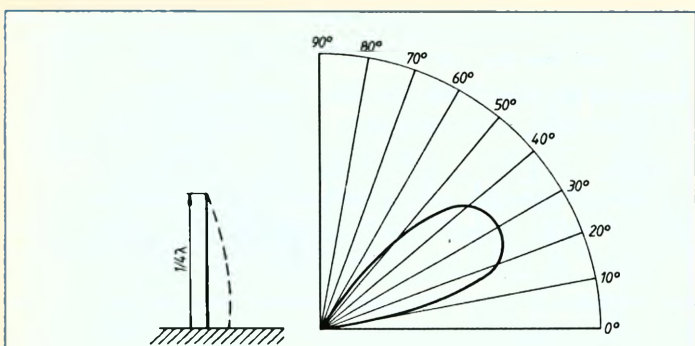
Jeżeli któryś z tych czynników nie jest spełniony, antena nie pracuje z pełną efektywnością, nawet jeśli ma duży zysk energetyczny.

Anteny pasma 2-metrowego można podzielić ze względu na sposób wykorzystania na:

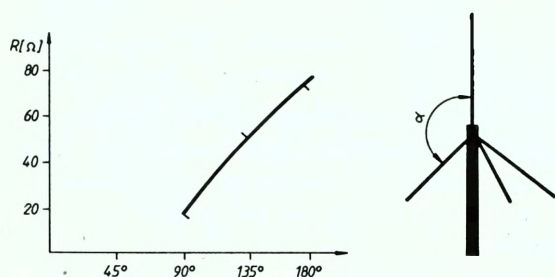
- anteny do radiotelefonów przenośnych – portable,
- anteny do radiotelefonów przewoźnych (samochody, pojazdy szynowe, motocykle, łodzie itp.) – mobile,
- anteny stacjonarne dookólne i kierunkowe.

Wzrost zainteresowania pasmem dwumetrowym, a zatem – antenami, można zauważyć w ciągu ostatnich 5 lat. Na zainteresowanie to złożyło się kilka czynników m.in.:

- liberalizacja przepisów radiokomunikacji amatorskiej przez dopuszczenia do pracy stacji przewoźnych i przenośnych,
- pojawienie się na naszym rynku krajowym większej ilości zagranicz-



Rys. 7. Pionowa charakterystyka promieniowania anteny GP



Rys. 8. Zależność impedancji anteny GP od kąta między wibratorem a przeciwwagami

nego sprzętu radiowego, dzięki poprawieniu kondycji złotówki względem walut krajów zachodnich,

● rozbudowanie ogólnokrajowej sieci przemienników amatorskich w paśmie dwumetrowym,

● pośrednio, przez rozwój CB, a zatem – zainteresowanie się szerszego grona ludzi radiokomunikacją amatorską.

Przed podaniem dokładnej charakterystyki poszczególnych anten omówimy podstawowe pojęcia i parametry antenowe:

Impedancja anteny – impedancja falowa anteny będąca stosunkiem napięcia w antenie do płynącego w niej prądu. Przykładowe impedancje: dipol prosty – ok. 75 Ω, dipol pętlowy – ok. 300 Ω.

Współczynnik fali stojącej WFS - stosunek sumy amplitud fali padającej i odbitej do ich różnicy:

$$WFS = \frac{P + O}{P - O} = \frac{Z_{ant}}{Z_{linii}}$$

przy czym:

P – fala padająca,

O – fala odbita,

Z_{ant} – impedancja anteny,

Z_{linii} – impedancja linii.

Wielkość WFS świadczy o dopasowaniu anteny do linii przesyłowej i radiotelefonu.

Ze wzoru wynika, że antena jest tym lepiej dopasowana, im WFS jest bliższy jedności. Wówczas całkowita moc doprowadzona z radiotelefonu zostaje wyemitowana przez antenę.

Zysk energetyczny anteny

– stosunek mocy promieniowanej przez antenę wzorcową (dipol lub antenę izotropową) do mocy promieniowanej przez antenę mierzoną przy założeniu, że natężenia pól obu anten są jednakowe. Stosunek ten wyraża się w decybelach:

$$Z = 10 \log \frac{P_i}{P_m} \text{ [dB]}$$

Dipol półfalowy ma zysk 0 dB i stanowi antenę porównawczą. Spotyka się również odnośnienie zysku do hipotetycznej anteny izotropowej, która promieniuje jednakowo w każdym kierunku. Zależność między obiema antenami porównawczymi jest następująca:

$$1 \text{ dBd} = 2,15 \text{ dBi}$$

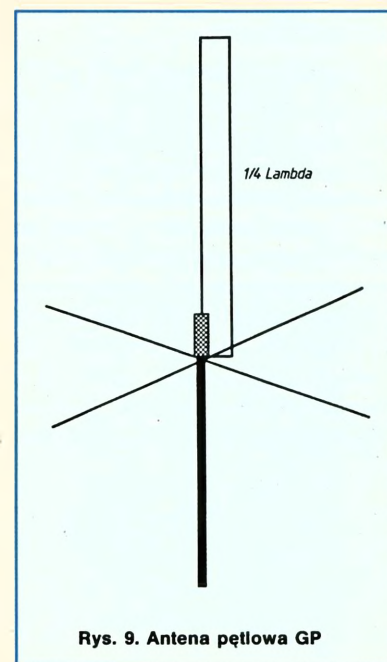
W związku z taką różnicą, przy rozpatrywaniu zysku anteny należy zwrócić uwagę, odnośnie której anteny on dotyczy.

Jako ciekawostkę budzącą uśmiech każdego, kto ma jakie takie pojęcie o antenach, można wspomnieć o zyskach energetycznych anten CB, podawanych przez ich producentów. Na przykład ćwierćfalowy GP, którego faktyczny zysk wynosi ok. 1 dBd wg firmy PAN wynosi 3,5 dB (może względem sztucznego obciążenia...? – przyp. Autora). Przejdźmy teraz do scharakteryzowania poszczególnych anten.

Anteny "Portable" i "Mobile"

Anteny helikalne

Najprostsza antena helikalna jest przedstawiona na rys. 2. Jest to najkrótsza, a zarazem najmniej efektywna antena, stosowana głównie w radiotelefonach przenośnych. "Koci ogon", bo tak często jest nazywana, składa się z drutu miedzianego, nawiniętego na elastycznej, nie przewodzącej rurce lub pręcie. Zamiast drutu miedzianego może być



Rys. 9. Antena pętlowa GP

również zwinięty w cewkę hartowany drut stalowy. Długość anteny helikalnej nie przekracza $0,1 \lambda$. Charakterystyka promieniowania "helikala" jest podobna do charakterystyki pionowej anteny unipolowej [1]. Pionowa antena $3/4 \lambda$ umieszczona nad rzeczywistą ziemią ma impedancję zbliżoną do 50Ω . Jeżeli na rurkę nawiniemy drut chcąc otrzymać podobną antenę, to częstotliwość rezonansowa wypadnie poniżej $f\lambda$. W związku z tym należy odwinąć pewną liczbę zwojów w celu uzyskania anteny w rezonansie na częstotliwości $f\lambda$. Impedancja tak otrzymanej anteny będzie wynosić ok. 50Ω , a długość nawiniętego drutu będzie zawierać się w zakresie długości $\lambda/2 \div 5/8 \lambda$. Pojemność między zwojami anteny helikalnej powoduje jej hipotetyczny rezonans na $3/4 f\lambda$. Antena jest bardzo "czuła" na przedmioty znajdujące się w jej otoczeniu. Wpływ pojemności ciała operatora (rys. 3) może zmieniać częstotliwość rezonansową anteny. Zysk energetyczny anteny helikalnej jest średnio o 3 dB niższy od jej "rozwiniętego odpowiednika".

Dipol półfalowy

Dipol półfalowy jest najprostszą anteną, składającą się z dwóch ćwierćfalowych kawałków przewodu, rurki lub pręta, umieszczonych na jednej osi (rys. 4). Pozioma charakterystyka promieniowania pionowego dipola jest dookólna w płaszczyźnie pionowej i zależy od wysokości zamocowania anteny nad ziemią (rys. 5). Ponieważ impedancja anteny wynosi ok. 75Ω , często zasilają ją 75-omowym kablem koncentrycznym, bez zachowania symetrii. Celowe byłoby w tym przypadku zastosowanie baluna 1:1, co może powodować niewielkie straty, lecz skutecznie chroni przed powstawaniem TVI. Przewód zasilający, niezależnie od polaryzacji anteny, powinien być poprowadzony pod kątem prostym na odległości co najmniej λ . Jak już wspomniano, zysk dipola wynosi 0 dB, ze względu na jego porównawczy charakter względem innych anten.

Dipole stosuje się głównie jako anteny urządzeń stacjonarnych.

Antena GP (ćwierćfalowa)

Antenę GP (Ground Plane) stanowi pionowy, ćwierćfalowy wibrator, u podstawy którego znajdują się przeciwwagi w postaci prętów lub płyty przewodzącej (rys. 6). GP jest anteną pionową, dookólną, niesymetryczną. Charakterystykę promieniowania w płaszczyźnie pionowej przedstawiono na rys. 7. Charakterystyka w płaszczyźnie pionowej jest tym bardziej zbliżona do dookólnej, im więcej przeciwwag ma antena lub jeżeli przeciwwagą jest lita płyta metalowa, np. dach samochodu, rozciągająca się w promieniu co najmniej $\lambda/4$ od wibratora. Zysk anteny wynosi -1 dBd (minus 1 dBd).

Impedancja GP zależy od kąta między wibratorem a przeciwwagami (rys. 8). Przy kącie ok. 135° wynosi ona ok. 50Ω , przez co może być zasilana bezpośrednio kablem koncentrycznym o podobnej impedancji. Przy mniejszym kącie, np. 90° jak to ma miejsce w przypadku mocowania anten na karoserii samochodu, impedancja wynosi ok. 18Ω . Chcąc dopasować antenę o takiej impedancji do 50Ω kabla koncentrycznego należy zastosować transformator, przez równoległe dołączenie do anteny rozwartego odcinka pętli koncentrycznej. Długość pętli określa się eksperymentalnie, skracając ją i mierząc jednocześnie WFS.

W stacjonarnych antenach GP stosuje się najczęściej trzy przeciwwagi (trójnóg) co 120° lub cztery, co 90° (tzw. antena krzyżowa).

Istnieje również druga wersja anteny GP, gdzie w miejsce wibratora prostego stosuje się dipol pętlowy, który z przeciwwagami pod kątem 90° (rys. 9) ma impedancję 70Ω . Ułatwia to bezpośrednie zasilanie kablem koncentrycznym o impedancji 75Ω . Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest bezpieczeństwo dla radiotelefonu i operatora, gdyż wszelkie ładunki elektrostatyczne, gromadzące się na antenie, zostają odprowadzone przez uziemione przeciwwagi do masztu i ziemi.

Antena GP z dipolem pętlowym pracuje bardziej szerokopasmowo. Czwierćfalowa antena GP znalazła zastosowanie w urządzeniach przenośnych, przewoźnych (policja, straż pożarna, pogotowie ratunkowe) oraz stacjonarnych. □

Anteny amatorskiego pasma 144 ÷ 146 MHz ⁽²⁾

Jacek Maluszczak SP2MBE

Antena 5/8 λ

Antena 5/8 λ znalazła zastosowanie głównie jako antena do radiotelefonów przewodnych (rys. 10), a to ze względu na stosunkowo duży zysk energetyczny (ok. 3,5 dBd) oraz mały kąt



Rys. 10. Antena 5/8 λ zamontowana na ryniencie dachowej

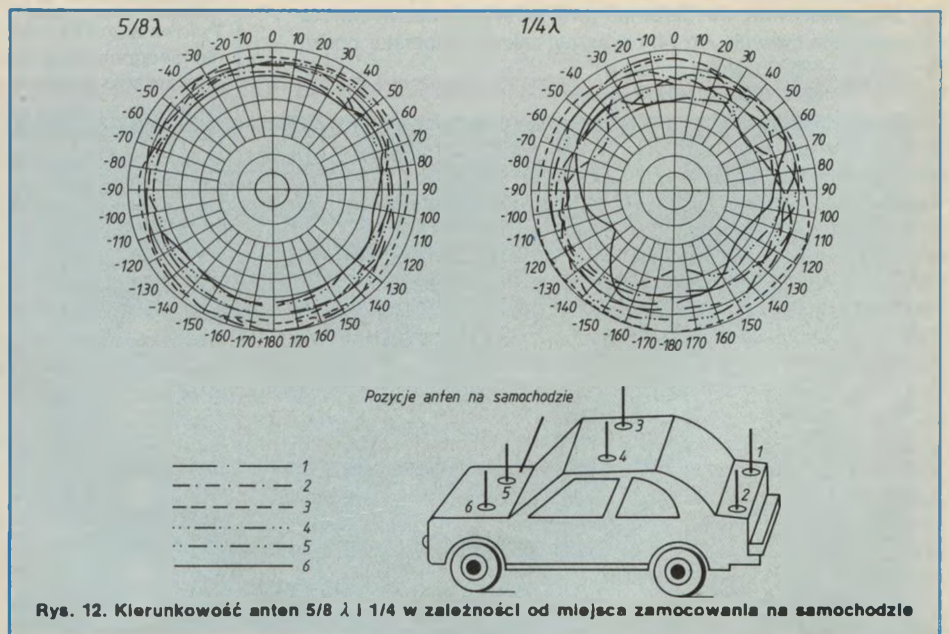
promieniowania przy niewielkiej długości (ok. 1,2 m dla $f = 145$ MHz).

Dzięki zastosowaniu cewki wydłużającej, antena uzyskuje rezonans na częstotliwości 3/4 λ. Wraz z wydłużeniem promiennika z 1/4 do 5/8 λ listek główny pionowej charakterystyki promieniowania obniża się z 35° do 15° (rys. 11). Pozioma charakterystyka promieniowania anteny jest dookólna nawet przy różnych miejscach usytuowania jej na karoserii samochodu (rys. 12).

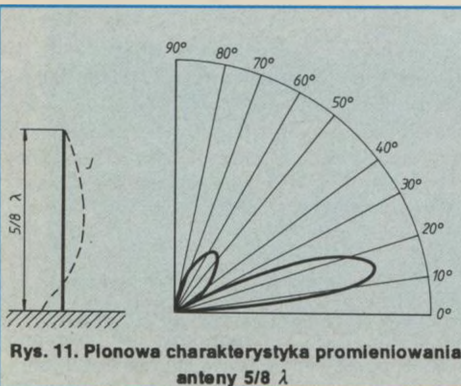
Antena ma impedancję w postaci składowej pojemnościowej, którą kompensuje cewka wy-

dłużająca. Impedancja anteny 5/8 λ wynosi ok. 108 Ω, przez co nie można jej bezpośrednio zasilać 50 Ω kablem koncentrycznym. W celu dopasowania impedancji można dołączyć równolegle do anteny zwarty odcinek kabla koncentrycznego o długości 1/8 λ lub wykorzystując transformującą impedancje właściwości kabla, dobrać eksperymentalnie jego długość (rys. 13).

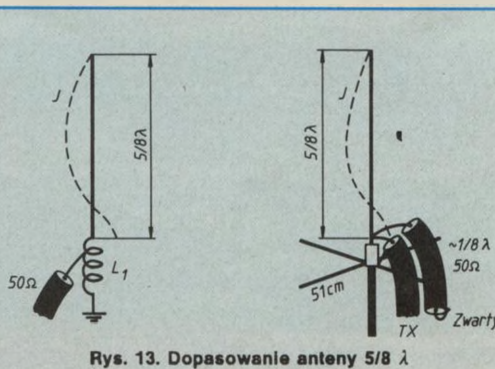
W wykonaniu stacjonarnym tej anteny przeciwwagi powinny mieć długość ok. 51 cm i być zamocowane pod kątem prostym do wibratora, poniżej cewki wydłużającej. W antenie "mobi-



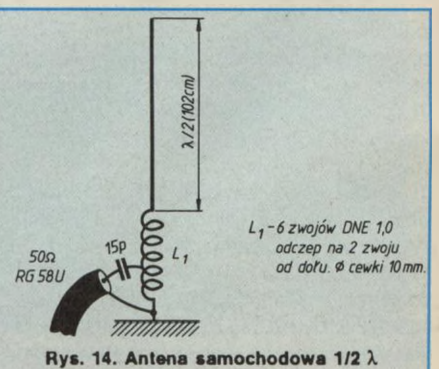
Rys. 12. Kierunkowość anten 5/8 λ i 1/4 w zależności od miejsca zamocowania na samochodzie



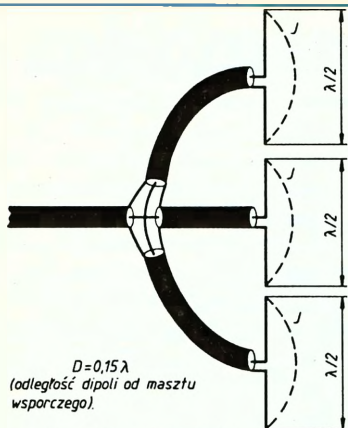
Rys. 11. Pionowa charakterystyka promieniowania anteny 5/8 λ



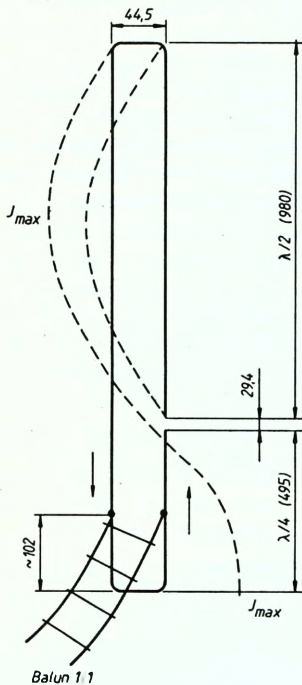
Rys. 13. Dopasowanie anteny 5/8 λ



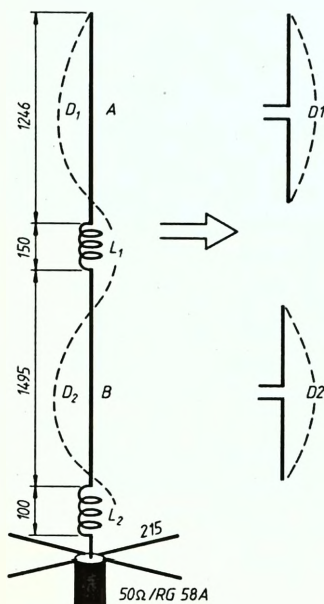
Rys. 14. Antena samochodowa 1/2 λ



Rys. 15. Antena kolinearna



Rys. 16. Antena "Slim Jim"



Rys. 17. Antena "szwedzka"

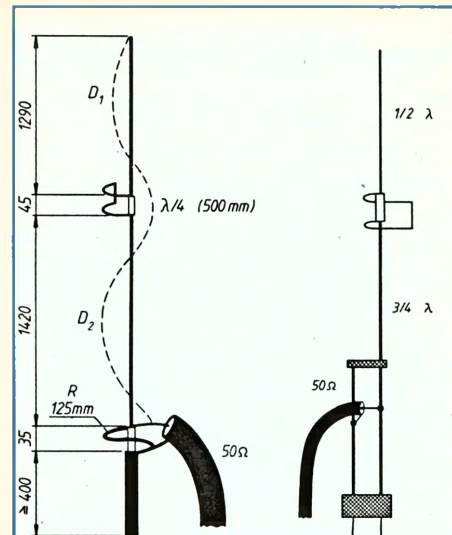
le" funkcję przeciwwagi stanowi karoseria samochodu.

Stosując antenę $5/8 \lambda$ w pojazdach, poza zwiększeniem zasięgu uzyskuje się zmniejszenie tzw. "efektu szlachetowego", lecz tylko w antenach, w których cewka wydłużająca jest umocowana na sztywnym rdzeniu i nie stanowi "sprężyny" mocującej antenę do gniazda w karoserii. Cewka wydłużająca nie może w czasie jazdy zmieniać swojego kształtu, gdyż zmienia się jej indukcyjność, a zatem impedancja anteny i...WFS! W tym przypadku "efekt szlachetowy" pogłębia się, ze względu na rozstrajanie się anteny podczas przeginalnia się jej w czasie jazdy. Wady tej nie ma antena $5/8 \lambda$ ze sztywną cewką. Należy również wyjaśnić główną istotę "efektu szlachetowego". Nie jest on, jak błędnie uważa się, wynikiem "bujania się" anteny podczas jazdy, lecz odbicia od pionowych przedmiotów terenowych (słupy, budynki, drzewa, wzgórza itp.). Podczas ruchu pojazdu wszystkie przeszkody terenowe, stojące między obiema stacjami, powodują osłabienie lub całkowite wytłumienie sygnału, dając okresową zmianę jego siły w czasie, czyli falowanie. "Bujanie się" dłuższej anteny $5/8 \lambda$ podczas jazdy jest nawet korzystne, gdyż powoduje wypromieniowanie (odbior) sygnału pod różnymi kątami. W ten sposób antena znajduje sobie "prześwity" między przeszkodami terenowymi. Antenie ćwierćfalowej GP, właściwie nieruchomej podczas jazdy, a dodatkowo krótszej, jest trudniej przebić się z sygnałem przez przeszkody terenowe. Jest ona przez to mniej efektywna w trudnych warunkach pracy "mobile"

Najlepszym miejscem zamocowania anteny $5/8 \lambda$ jest oczywiście, ze względu na wysokość oraz wielkość przeciwwagi, dach pojazdu.

W związku z tym, że miejsce zamocowania nie deforma charakterystyki promieniowania anteny $5/8 \lambda$, tak jak ma to miejsce w przypadku anteny ćwierćfalowej GP (rys. 12), stosuje się różne sposoby mocowania anten samochodowych:

- w gnieździe przykręconym bezpośrednio do dachu karoserii samochodu (galwaniczne połączenie przeciwwagi z ekranem kabla zasilającego);
- zamocowanie anteny na rynience dachowej za pomocą specjalnego uchwyty. Zaletami takiego rozwiązania jest możliwość szybkiego montażu i demontażu oraz nienaruszenie całości karoserii samochodu (wiercenie otworów, skrobanie lakieru);
- zamocowanie anteny w dowolnym miejscu pojazdu, na tzw. podstawie magnetycznej (w przypadku stalowej karoserii, nie dotyczy samochodów typu Trabant – przyp. Aurora). Koszłowna podstawa magnetyczna wraz z anteną może stać się jednak łatwym lupem złodzieja w razie pozostawienia samochodu bez opieki. Częste "przyklejanie" i "odklejanie" podstawy nie jest też korzystne dla blachy i lakieru karoserii. Zdarzały się również przypa-



Rys. 18. Antena "Ringo Ranger"

Rys. 19. Antena kolinearna "Super J"

dkl, że podmuch powietrza przy mijaniu, np. TIRa, odrywał podstawę wraz z anteną od dachu. Dodatkowe skutki takiego oderwania się anteny dla samochodu, przy prędkości np. 130 km/h można sobie łatwo wyobrazić.

Sposoby montowania (b i c) mimo niewątpliwych zalet mają jedną podstawową wadę, a mianowicie – brak galwanicznego połączenia z masą pojazdu, w miejscu zainstalowania anteny. Antena taka jest bardzo wrażliwa na przedmioty i ludzi znajdujących się w jej otoczeniu. Miejsce zamocowania i sposób poprowadzenia kabla też wpływa na stabilność jej pracy. Przedłużenie wibratora powyżej $3/4 \lambda$ powoduje powstawanie większej liczby listków bocznych i zmiany pionowej charakterystyki promieniowania anteny o wysokich kątach elewacji (powyżej 45°). W związku z tym jednoelementowe anteny dłuższe niż $3/4 \lambda$ stają się coraz mniej efektywne.

Sposoby dopasowania anten $5/8 \lambda$ są przedstawione na rys. 13.

Antena $1/2 \lambda$

Antena półfalowa jest krótszą wersją anteny $5/8 \lambda$ (rys. 14). Również w naszym kraju część pojazdów służb profesjonalnych stosuje tę antenę, mylnie uważając ją za $5/8 \lambda$. Zysk anteny półfalowej wynosi ok. $2,5 \div 3,0$ dBd. Kąt promieniowania w płaszczyźnie pionowej wynosi ok. 20° , charakterystyka pozioma – dookólna.

Półfalowy wibrator wraz z cewką i kondensatorem uzyskuje rezonans na częstotliwości $3/4 \lambda$. Przy prawidłowym dobraniu odczepu na cewce wydłużającej impedancja anteny wynosi ok. 50Ω . Antenę taką można łatwo wykonać, przerabiając typową samochodową antenę radiową o długości 105 cm.

Anteny stacjonarne

Kolinearne, dookólne, anteny pionowe

Aby uzyskać pionowe anteny o większym zysku, lecz o dookólnej poziomej charakterystyce promieniowania, należy zastosować większą liczbę dipoli półfalowych, ustawionych pionowo w jednej osi, jeden nad drugim (rys. 15). Podobnie, jak w przypadku dipola pojedynczego kable zasilające antenę muszą być również poprowadzone na długości λ pod kątem prostym. Odległość dipoli od masztu wsporczonego również wpływa na impedancję wejściową anteny oraz na kształt poziomej charakterystyki promieniowania. Dużą niedogodnością takiego rozwiązania jest konieczność zasilania każdego dipola oraz łączenia i transformowania impedancji do jednego kabla.

Innym, prostszym i bardziej nowoczesnym rozwiązaniem jest łączenie dipoli "gorącymi" końcami przy wykorzystaniu przesuwników fazowych 180° [6]. Przesuwnikami fazowymi mogą być półfalowe odcinki pojedynczej linii przesyłowej lub kabla koncentrycznego (przy uwzględnieniu współczynników skrócenia). Podstawy teoretyczne zasady działania anteny kolinearnej zostaną szczegółowo omówione na przykładzie trójelementowej anteny "Big Star".

Pionowy dipol pętlowy "SLIM JIM"

Antena "Slim Jim" jest dipolem pętlowym o łącznej długości ok. $3/4 \lambda$. Półfalowy dipol pętlowy jest zasilany przez ćwierćfalowy transformator dopasowujący (rys. 16). Antena została po raz

pierwszy opisana przez G2BXC [4] w angielskim czasopiśmie "Practical Wireless" (IV. 1978); prawidłowo wykonana i zestrojona charakteryzuje się małym kątem promieniowania (ok. 10°). W płaszczyźnie poziomej pracuje dookólnie. Zysk energetyczny anteny wynosi 1,8 dBd. Zestrojenie anteny polega na przesuwaniu linii zasilającej po prętach transformatora ćwierćfalowego i ustalenia takiego miejsca, gdzie WFS jest minimalny. Antena nie wymaga stosowania przeciwwag. "Slim Jim-a" można wykonać z jednego kawałka rurki miedzianej ϕ 6 mm i po wygięciu włożyć do winidurowej rury, zaklejając ją obustronnie po przeprowadzeniu kabla zasilającego.

Dwuelementowe anteny kolinearne SM7DVH I "Ringo Ranger"

Najprostszą anteną kolinearną, składającą się z dwóch dipoli półfalowych opracował SM7DVH (rys. 17). Czynnymi elementami tej anteny są tylko dwa odcinki $1/2 \lambda$ każdego z promienników A i B. Cewka L1 przesuwają fazę o 180° , cewka L2 dopasowuje impedancję anteny do 50Ω kabla zasilającego. Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie poziomej jest dookólna, kąt elewacji wynosi ok. 10° , a zysk energetyczny anteny ok. 4 dBd.

Podobną konstrukcję i zasadę działania ma antena Ringo Ranger (rys. 18). Składa się ona również niejako z dwóch dipoli półfalowych. Funkcję cewki L2 spełnia ćwierćfalowy odcinek

linii o dowolnym kształcie. U podstawy dolnego wibratora znajduje się półkolista, ćwierćfalowy odcinek, łączący pierwszy element wibratora z masztem podstawy i spełniający podobne zadanie dopasowujące jak cewka L1.

Istotną różnicą między tymi antenami jest brak przeciwwag w antenie Ringo Ranger. Antena "szwedzka" ma cztery ćwierćfalowe przeciwwagi u podstawy, położone niżej cewki L2.

Obie anteny mają długość ok. 3 m, przez co są antenami stacjonarnymi.

Dwuelementowa antena kolinearna "Super J"

Antena "Super J" jest niejako połączeniem dwóch anten: SM7DVH oraz anteny "J" lub "Slim Jim". Antena ta jest dwuelementową anteną kolinearną, z dopasowaniem transformatora ćwierćfalowym (rys. 19), tak jak ma to miejsce w antenie "Slim Jim". Dolny element anteny ma długość $3/4 \lambda$, w tym $1/4 \lambda$ to dopasowanie. Górny element o długości $1/2 \lambda$ jest połączony z dolnym przez ćwierćfalowy stroik. Antena ta, podobnie jak "Ringo Ranger", nie wymaga stosowania przeciwwag. Zysk energetyczny 5,5 dBd, kąt promieniowania ok. 10° , pozioma charakterystyka promieniowania jest dookólna. Antena może być wykorzystywana jako "mobile" przy zainstalowaniu jej na tylnym zderzaku samochodu. "Super J" jest zasilana kablem koncentrycznym, a dopasowanie impedancji uzyskuje się, przesuwając linię zasilającą po transformatorze ćwierćfalowym anteny i dobierając najniższy WFS. □

Anteny amatorskiego pasma 144÷146 MHz ⁽³⁾

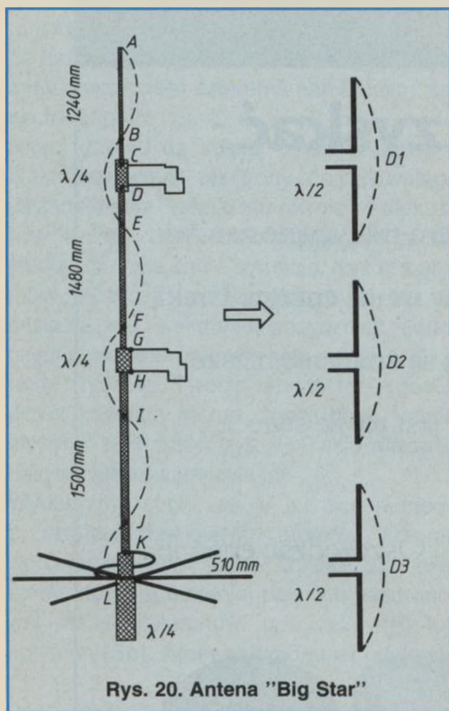
Jacek Matuszczyk SP2MBE

Od redakcji

Część druga artykułu była opublikowana w nrze 5/1995 - "ReAV"

Trójelementowe anteny kolinearne "Big Star" i F23

Antena "Big Star" (ang. "Wielka Gwiazda") została wyprodukowana w Belgii w połowie lat 80. (rys. 20). Składa się ona z trzech elementów o długościach: $2 \times 3/4 \lambda$, $5/8 \lambda$ połączonych dwoma ćwierćfalowymi stroikami. Z teoretycznego punktu widzenia antena stanowi trzy kolinearne dipole półfalowe AB, EF, IJ, odległe od siebie o $3/4 \lambda$. Jak wiadomo, tylko półfalowe odcinki linii



Rys. 20. Antena "Big Star"

przesuwają fazę o 180° . Zastosowano tu pewien skrót myślowy celem zilustrowania zasady działania anteny. Faktyczne przesunięcie fazy o 180° następuje na odcinkach BC - $1/8 \lambda$, stroik CD - $1/4 \lambda$, DE - $1/8 \lambda$ (razem $1/2 \lambda$) oraz FG - $1/8 \lambda$, stroik GH - $1/4 \lambda$, HI - $1/8 \lambda$ (razem $1/2 \lambda$). Charakterystykę prądową w antenie przedstawiono na rys. 20. Trzy charakterystyczne wybrzuszenia pokazują, gdzie na długości anteny znajdują się "czynne" dipole.

Funkcję dopasowania anteny do linii pełni dolny odcinek wibratora JK - $1/8$ oraz ćwierćfalowa linia paskowa KL, łącząca wibrator z podstawą anteny i przeciwwagami (rys. 21). U podstawy anteny znajduje się sześć przeciwwag o długości 510 mm każda, rozmieszczonych na przemian co 30° i 90° . Strojenie anteny polega na znalezieniu na dolnym transformatorze ćwierćfalowym punktu, w którym WFS jest najmniejszy (impedancja anteny 50Ω). Antena promieniuje dookólnie, a kąt promieniowania wynosi prawie 0° . Zysk energetyczny anteny "Big Star" wynosi ok. 8 dBd.

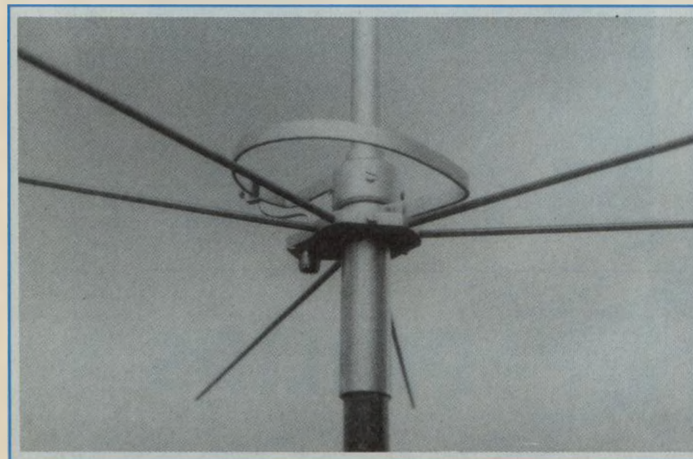
Wykonywane są również cztero i pięcioelementowe wersje tej anteny, chociaż zysk energetyczny nie rośnie już tak bardzo jak do trzech elementów. Pięcioelementowa antena koliniarna ($4 \times 3/4 \lambda$, $5/8 \lambda$) ma zysk ok. 9,5 dBd. Ze względu na mały kąt promieniowania "Big Star" dobrze sprawuje się w łącznościach przez satelity serii RS (uplink - 2 m, downlink - 10 m), zwłaszcza przy przelotach satelity nisko nad horyzontem.

Antena jest wykonana ze stopniowanych rurek aluminiowych, izolatory są polipropylenowe. Istnieją również amatorskie wykonania tej anteny oparte na czterometrowych wędziskach teleskopowych, na których rozciągnięto drut miedziany 2+3 mm i przy-

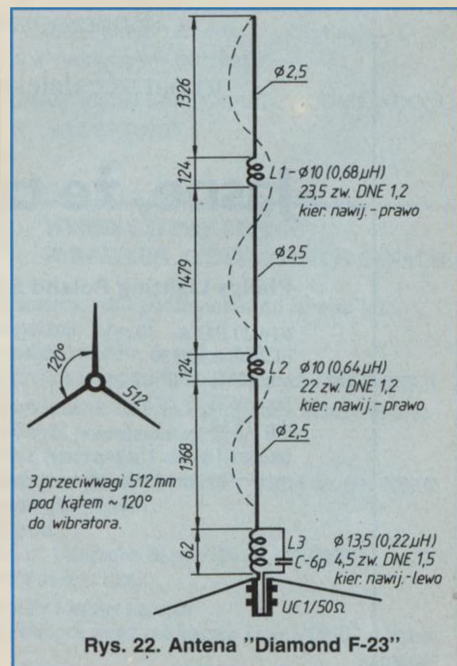
klejono taśmą samoprzylepną po uprzednim wyprofilowaniu stroików i transformatora dopasowującego.

Podobną do "Big Star" jest antena F23 firmy Diamond (rys. 22). Teoretycznie są to również trzy kolinearne dipole półfalowe. Różnica polega na kształcie przesuwników fazowych - stroików i transformatora dopasowującego antenę do linii zasilającej. Wewnątrz "wędziska" znajduje się drut miedziany, funkcję stroików pełni cewki. Zamiast transformatora dopasowującego zastosowano cewkę i kondensator. Antena ma trzy przeciwwagi o długości 512 mm każda. Długość całkowita anteny - 4265 mm, masa - ok. 1,6 kg, charakterystyka promieniowania - dookólna. Kąt promieniowania wiązki głównej wynosi ok. 5° , a zysk energetyczny deklarowany przez producenta - ok. 7,5 dBd. Poprawna praca anteny zależy w znacznym stopniu od dokładności wykonania cewek przesuwników fazowych i transformatora dopasowującego.

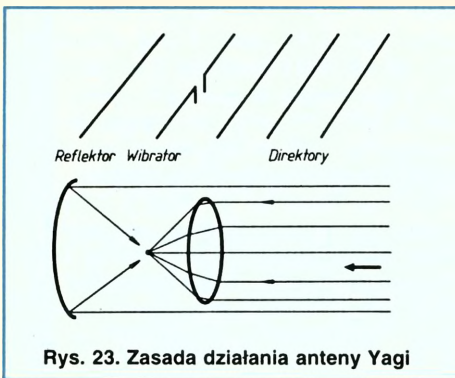
Podobną metodą wprowadzania drutu do tyczek z włókna szklanego, są wykonane nowoczesne anteny X 500 i X 700 firmy Diamond. Zaletą tych anten jest duża wytrzymałość na wiatr oraz długowieczność, gdyż drut umieszczony w hermetycznej tyczce z włókna szklanego koroduje bardzo wolno. Podstawową wadą tego typu anten, zdaniem Autora, jest ich mniejsza efektywność. Przy częstotliwościach UKF występuje zja-



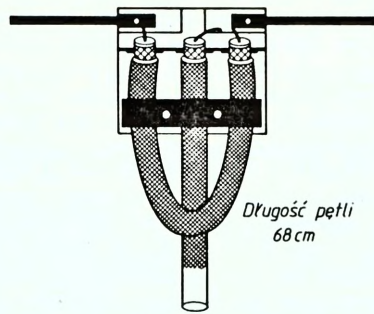
Rys. 21. Dopasowanie anteny "Big Star" do linii zasilającej



Rys. 22. Antena "Diamond F-23"



Rys. 23. Zasada działania anteny Yagi



Rys. 24. Symetryzator anteny SP6LB-2

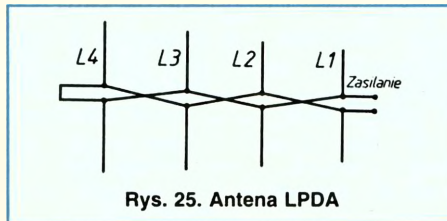
wisko naskórkowości, tzn. gęstość prądu w.cz. jest największa przy powierzchni przewodu, przez co stosowanie "pełnych" przewodów czy prętów jest niecelowe. Powierzchnia zewnętrzna drutu o średnicy 3 mm jest znacznie mniejsza od powierzchni rurki o średnicy 20 mm, z której wykonana może być antena "Big Star". Emisja fal elektromagnetycznych z większej powierzchni jest większa, przez analogię np. do wymiany ciepła. Ponadto przy większych mocach drut o małej średnicy grzeje się, powodując dodatkowe straty. Trójelementowe anteny kolinearne, ze względu na swoją długość, znalazły zastosowanie jako anteny stacjonarne.

Anteny kierunkowe typu Yagi

Anteny typu Yagi są najpopularniejszymi antenami kierunkowymi wieloelementowymi o prostej budowie i dużym zysku energetycznym. Charakteryzują się one poza tym łatwością zasilania, wygodą montażu oraz stosunkowo niskim kosztem.

Antena Yagi jest skonstruowana z jednego elementu czynnego, najczęściej dipola półfalowego (prostego lub zamkniętego) oraz szeregu sprzężonych z nim elementów biernych. Elementy bierne, tzw. direktory są umieszczone w kierunku największego promieniowania zaś reflektory – w kierunku promieniowania wstecznego. Długość direktorów maleje monotonicznie od wibratora do przodu anteny (rys. 23). W przypadku stosowania dwóch lub trzech reflektorów są one umieszczone w równej odległości od wibratora, tzn. od 0,1 do 0,3 λ . Zastosowanie większej liczby reflektorów polepsza stosunek sygnału wypromieniowywanego do przodu anteny do siły sygnału wstecznego, czyli tzw. "F/B" ("front-to-back ratio").

Zasadę działania anteny Yagi można łatwo wytłumaczyć przez analogię do zjawisk optyki (światło też jest falą elektromagnetyczną). Direktory można porównać z soczewką, która skupia promienie na elemencie czynnym – wibratorze. Im więcej jest direktorów, tym "soczewka" ma większą średnicę i skupia większą liczbę promieni (większy zysk). Reflektory działają podobnie jak czasza anteny satelitarnej, która dodatkowo zbiera



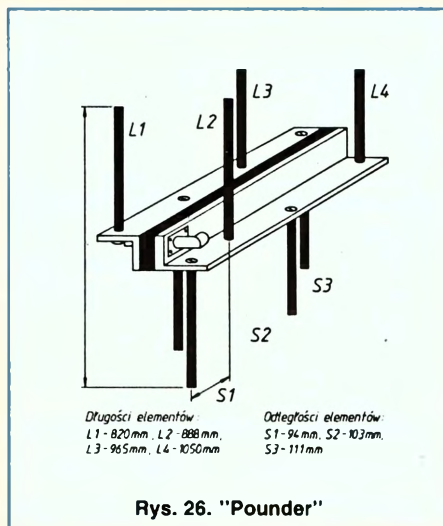
Rys. 25. Antena LPDA

promienie i ogniskuje na elemencie czynnym.

W rozdziale tym zostaną przedstawione najbardziej popularne anteny na pasmo dwumetrowe: SP6LB-2, oraz F9FT-9,16 elementów.

Dziewięcioelementowa antena Yagi SP6LB-2

Dziewięcioelementowa antena Yagi, skonstruowana przez SP6LB ma długość ok. 4 m. Antena zawiera dipol pętlowy o impedancji wejściowej 280 Ω (200 Ω), co przy zasilaniu kablem koncentrycznym 75 Ω (50 Ω) wymaga zastosowania transformatora 4:1, spełniającego jednocześnie funkcję symetryzatora. Funkcję symetryzatora może pełnić półfalowy odcinek kabla koncentrycznego o długości 0,68 m połączony z kablem zasilającym i anteną w sposób przedstawiony na rys. 24.



Rys. 26. "Pounder"

Parametry anteny

zysk energetyczny:	13 dBd
WFS (144 + 146 MHz)	< 1,1
kąt promieniowania (w poziomie):	36°
kąt promieniowania (w pionie):	38°

Antena może pracować w obu polaryzacjach. Ekran kabla zasilającego jest połączony z nośnikiem anteny, a przez to ze wszystkimi elementami. W ten sposób są odprowadzane ładunki elektrostatyczne do uziemionego masztu.

F9FT – 9 i 16 elementowe anteny typu Yagi

Dużą popularnością cieszą się również anteny F9FT firmy Tonna. Anteny te mają większy zysk o ok. 2 dB od konwencjonalnych anten typu Yagi o takiej samej długości, są jednak trudne do odtworzenia w warunkach amatorskich. Obie anteny mają dipole proste ze zworą, przez co mogą być zasilane bezpośrednio kablem koncentrycznym. Parametry obu anten zawiera tablica.

Parametr anteny	16 elementów	9 elementów
Pasma	144+146 MHz	144+146 MHz
Długość	3 λ (6,4 m)	1,5 λ (3,2 m)
Zysk	15 dBd	12 dBd
Impedancja	50 Ω	50 Ω
Tłumienie tyl-przód	22 dBd	15 dBd
Kąt promieniowania (poziom)	34°	46°
Kąt promieniowania (pion)	32°	38°
Masa	6 kg	2 kg

Szesnastoelementowa antena F9FT ma dwa reflektory, które znajdują się na dwóch podpórkach, tworząc tzw. "jaskółczy ogon". Wibrator obu anten jest odizolowany od nośnika. Antena F9FT-16 ze względu na swoją długość wymaga zastosowania podpórki lub wzmocnienia nośnika przez górne podwieszenie.

Istnieją również dłuższe anteny typu Yagi, lecz zysk energetyczny coraz dłuższych anten nie rośnie proporcjonalnie do długości. Lepszym rozwiązaniem jest stosowanie zestawu anten podstawowych (2, 4, 8, 16 elementów itd.). Dwukrotne zwiększenie liczby anten tworzących zestaw daje przyrost zysku o ok. 3 dB (minus straty na kablach łączących). I tak., np. zysk 4 anten SP6LB-2 wynosi:

$$13 \text{ dBd} + 3 \text{ dB (2 szt.)} + 3 \text{ dB (2 szt.)} = 19 \text{ dBd} - 1.2 \text{ dB (straty na kablach)} = 17.8 \text{ dBd}$$

Antena pojedyncza typu Yagi o takim zysku miałaby długość ok. 12 λ , co dla pasma 2-metrowego daje antenę o długości ok. 24 m! Wykonanie takiej anteny w warunkach amatorskich oraz systemu obracającego jest niemożliwe.

Przy stosowaniu zestawu anten ważna jest również odległość między poszczególnymi antenami w płaszczyźnie pionowej i poziomej; wynosi ona od 1,5 λ do 2 λ .

Szczegółowe informacje dotyczące łączenia anten typu Yagi w zestawy ścianowe są podane w literaturze [1] i [5].

Anteny kierunkowe LPDA

Anteny logarytmiczno-periodyczne (LPDA – log-periodic dipole array) stały się bardzo popularne na Zachodzie ze względu na ich niewielkie wymiary oraz szerokopasmowość. Wykonywane są – zarówno anteny na KF (TELERANA, SPIDER) jak i na UKF.

Antena LPDA została skonstruowana przez D.E. Isbella w latach 50. Anteny te charakteryzują się stałymi parametrami elektrycznymi (zysk energetyczny, impedancja, WFS, stosunek F/B) w szerokim zakresie częstotliwości. Nie wszystkie elementy anteny są aktywne dla danej częstotliwości, strefa aktywności przesuwa się wzdłuż długości anteny wraz ze zmianą częstotliwości (rys. 25). Najdłuższe elementy anteny są półfalowe. Nazwa anteny (LPDA) pochodzi od jej zasady działania, gdzie parametry elektryczne anteny zmieniają się okresowo wraz z logarytmem częstotliwości. Antena jest zasilana od przodu kablem koncentrycznym. Każdy element anteny jest zasilany sygnałem przesuniętym w fazie o 180° przez zmianę końców ich podłączenia.

Antena LPDA – "Pounder"

Opierając się na podstawach teoretycznych [8] K1TD skonstruował 4-elementową antenę LPDA na pasmo dwumetrowe – "POUNDER". Nazwa pochodzi od jej niewielkiej wagi 0,5 kg = 1 funt (pound).

"Pounder" mimo swej niewielkiej długości (ok. 30 cm), ma zysk ok. 5 dBd! i tłumienie tył-przód – 20 dB. Antenę tę można używać jako przenośną lub stacjonarną w obu polaryzacjach. Nośnik anteny składa się z dwóch kątowników 12 x 12 x 1,5 mm i jest jednocześnie linią zasilającą, która dostarcza energię elementom naprzemianlegle (rys. 26). Kątowniki są obrócone względem siebie o 90° i przedzielone przekładką z pleksiglasu. Należy zwrócić uwagę, że długość elementów nie jest jednoznaczna z sumą długości rurek dla każdego elementu (ze względu na ich naprzemianległe montowanie), w związku z czym rurki elementów 2 i 4 są dłuższe od rurek 1 i 3 o dwie szerokości połówek kątownika (2 x 6 mm). Antena jest zasilana przez gniazdo kątowe TNC (lub BNC), zamocowane na końcu jednego z kątowników. Żyłka "gorąca" gniazda przechodzi przez przekładkę z pleksiglasu i jest przyłączona do połówki pierwszego elementu anteny, zamocowanego na przeciwnym kątowniku. Przy wyjściu kabla z kątownika antena wymaga zastosowania baluna (6 zwojów kabla koncentrycznego na pierścieniu ferrytowym o średnicy zewnętrznej 75 mm). WFS anteny nie przekracza 1:1,8 na końcu i początku pasma 144 ÷ 146 MHz.

Krótkofalowcy stosują również, choć rzadko, wieloelementowe anteny ramowe "Quad".

Mają one wprawdzie mniejsze wymiary od anten Yagi o tej samej liczbie elementów, lecz są bardziej pracochłonne w wykonaniu. Powstało również wiele innych anten, o dziwnych kształtach, lecz ze względu na wiele kontrowersji jakie budziły one w środowisku krótkofalarskim, nie będą tu opisane.

Autor ma nadzieję, że artykuł dotrze do szerokiego grona amatorów oraz ludzi, którzy w swoich obowiązkach służbowych, stykają się z radiotelefoniczną łącznością UKF. Wszystkich zainteresowanych zagadnieniami antenowymi odsyłam do poniższej literatury. □

L I T E R A T U R A

- [1] Bieńkowski Z. SP6LB: Poradnik Ultrakrótkofalowca. Wyd. I, 1988
- [2] Girulski R. SP5QQ: Amatorskie urządzenia krótkofalowe. Wyd. I, 1963
- [3] ARRL: The Radioamateur's Handbook, 1984
- [4] Jessop G.R. G6JP: VHF/UHF Manual. Wyd. IX, 1990
- [5] Bieńkowski Z. SP6LB: Amatorskie Anteny KF i UKF. Wyd. I, 1978
- [6] Rothammel K. Y21BK: Antennenbuch. Wyd. XI, 1988
- [7] Pieniak J.: Anteny telewizyjne i radiowe. Wyd. I, 1993
- [8] ARRL: The ARRL Antenna Book. Wyd. XVI, 1992