**Przedstawiam tłumaczenie trzech artykułów dotyczących anteny typu EFA – anteny zasilanej od końca. Zanim zaczniemy budować taką antenę dobrze jest zapoznać się z ich treścią, w których omówione są wady i zalety tej konstrukcji.**
**Jako uzupełnienie – czwarty artykuł na temat anteny FUCHSA, jako alternatywy dla anteny EFA.**

**Adam, SP1VDV**

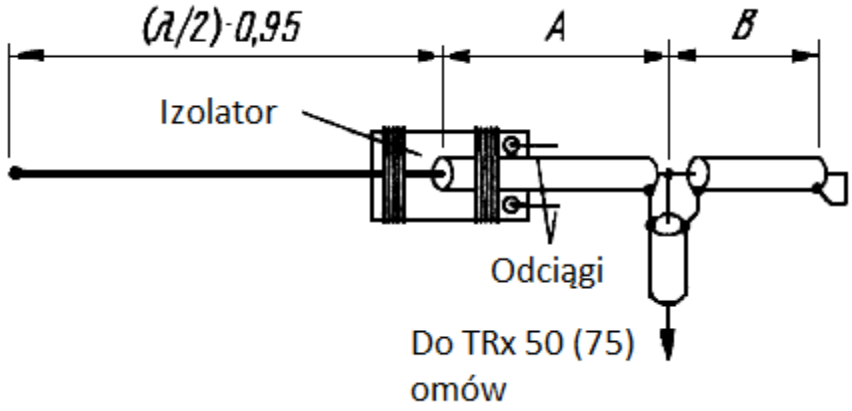
# Jednopasmowa antena do szybkiego rozwieszania

**(Antena typu EFA - end fed antenna)**

Dla każdego, kto często wyjeżdża z radiostacją poza miasto, zawsze problemem jest to, jaką zabrać antenę.  Na pewno powinna być to antena nieskomplikowana, łatwa w montażu, efektywna w pracy i łatwa w transporcie. Często obserwujemy w takich sytuacjach różne warianty "Inverted V", albo też klasyczne dipole z dwoma punktami zawieszenia. Dobrze zainstalować taką antenę (naciągnąć ją) nie jest łatwo.

W warunkach polowych, ale też w wielu przypadkach przy montażu stacjonarnym, bardzo wygodnym okazują się dwa punkty mocowania : jedno na drzewie (czy u sąsiada), a drugie w pobliżu nadajnika.  Żeby można było zasilać taką półfalową antenę z jednego końca trzeba zastosować ćwierćfalowy transformator. Kiedyś były różne sposoby realizacji takiego dopasowania. Dzisiaj wygodnie jest w tym celu zastosować przewód koncentryczny.

Autor wykorzystał półfalowy (nieprzerwany) wibrator, z zasilaniem w jednym końcu w brzuścu napięcia z pomocą transformatora ćwierćfalowego (zwarty przewód koncentryczny). Taka konstrukcja pozwala na umieszczenie części promieniującej oraz części zasilająco – dopasowującej anteny na jednym odcinku prostej z jednoczesnym podwieszeniem anteny z przeciwległego jej końca z pomocą linki uprzednio przeprowadzonej przez bloczek.



MAKARKIN w delcie Wołgi

Antena schematycznie pokazana jest na rysunku powyżej. Długość części promieniującej jest równa połowie długości fali w zakresie, na którym chcemy pracować uwzględniając współczynnik skrócenia, np. 0,95. Tej długości podczas strojenia nie trzeba zmieniać. Obliczona całkowita długość dopasowania – część A plus część B równa jest ¼*λ pomnożonej przez współczynnik skrócenia charakterystyczny dla danego rodzaju kabla (np. 0,66) Dla kabla 50Ω, **A = 0,214λk, B = 0,036λk,** a dla kabla 75 Ω, **A = 0,206λk, B = 0,044λk**,

gdzie:

- $\lambda$ - długość fali radiowej (m),
- k – współczynnik skrócenia kabla.

TRx można podłączyć bezpośrednio do transformatora w niewielkiej odległości od krótko zwartego końca. Nie ma potrzeby dokładnego określania miejsca podłączenia – ATU sam wykona zadanie optymalnego dopasowania. Jeżeli podłączamy linię koncentryczną to w tym przypadku przedstawiana antena ułatwia proces dopasowania. Pomaga także i ta okoliczność, że miejsce styku z kablem zasilającym położone jest w niewielkiej odległości od części promieniującej anteny. Jest niejako „w rękach" krótkofalowca, co bardzo pomaga dokładnie dobrać dopasowanie w punkcie zasilania, odpowiednio do impedancji falowej wykorzystywanego kabla zasilającego antenę.

W warunkach miejskich czasami udaje się dopasować taką antenę nie wychodząc z domu, w komfortowych warunkach. Strojenie systemu polega na dobraniu długości pętli (obwodu) i określeniu miejsca rozcięcia w celu podłączenia zasilania anteny. Ważnym jest, późniejsze, dobre zaizolowanie tego miejsca. Ekrany koncentryków można ze sobą lutować nie bojąc się zwarcia z żyłą centralną. Pożądanym jest wykorzystać kabel o impedancji charakterystycznej równej 50 Ω, tak jak konieczne przy strojeniu przyrządy, mające taką właśnie impedancję. Zwrócić należy uwagę na to, że powyższe zasady są prawdziwe tylko dla tego przypadku, jeżeli dla dopasowującej pętli i fidera stosujemy kabel o tej samej oporności falowej.

Dokładną długość pętli dopasowującej określamy przy użyciu generatora i woltomierza w.cz, który podłączamy do wyjścia generatora przez kondensator 1pF. Do wyjścia generatora podłączamy zwarty na przeciwległym końcu odcinek kabla. Skracając go (odcinamy niewielkie kawałki) szukamy maksimum napięcia na częstotliwości roboczej.

Po znalezieniu właściwej długości transformatora pętlowego przeprowadzamy jego montaż w miejscu styku z anteną. (… *tutaj dość szczegółowo opisany jest sposób montażu – tak po rosyjsku, łopatologicznie – przyp. tłum.*).

Taki „półfabrykat" wieszamy w przestrzeni w maksymalnym oddaleniu od przewodzących przedmiotów i tak żeby pętla dopasowująca była dostępna do dalszej z nią "ręcznej pracy".

Kabel rozcinamy w proporcjach pokazanych na rysunku i koniecznie z ich zachowaniem. Najpierw go rozcinamy, a potem łączymy z fiderem (lutujemy) i zabezpieczamy. W miejscu połączenia, przez SWR-miarkę, podajemy nieduży sygnał z TRx-a strojąc wcześniej ATU na 50 omowym obciążeniu zastępczym. Zmieniając w pewnym przedziale stosunki długości obu odcinków kabla, staramy się uzyskać minimalną moc odbitą. Po zakończeniu strojenia należy sprawdzić z uwagą wszystkie lutowane miejsca, a potem zabezpieczyć je przed wpływem warunków atmosferycznych. Pasmo robocze takiej anteny na dziesięciometrowym zakresie wynosiło ok. 500 kHz, a na 40 metrach 120 kHz z SWR-em na poziomie 1,5.

Макаркин, (RX3AKT)

*Ponieważ, antena sprawia dużo problemów „kopistom" postanowiłem w uzupełnieniu podstawowego tekstu przedstawić dodatkowo tłumaczenie dokładnej instrukcji wykonania dopasowania tej anteny opublikowanej przez autora. Jest to fragment odpowiedzi jakiej udzielił on jednemu z krótkofalowców – przyp. tłum.*

Cyt. „Odpowiadam. Twój brak rezultatu zadziwia mnie. Wykonałem sobie i przyjaciołom wiele wariantów tej anteny. PRAWIE zawsze wszystko było w porządku (źle było ze SŁABYM kablem – z matowym oplotem (ekranem) z oplotem zbyt rzadkim lub też z oplotem z foli). Żadnych innych cudów nie stosowałem, a może w tym problem ? Na twoim miejscu wykonałbym „laboratoryjną robotę" badając sam kabel. Tym bardziej , że masz analizator AA-330. Określiłbym dokładnie współczynnik skrócenia kabla, jego tłumienność i inne parametry. Spróbuj wykonać inną

doświadczalną antenę na inne zakresy fal. Na przykład na 20 m. Daje to 10 metrów przewodu i 3,0 + 0,5 metra kabla w celu wykonania pętli. Mam wyjaśnić technologię rozcięcia i połączenia kabla ? Należy skalibrować swój przyrząd wykorzystując ekwiwalent anteny – może tu jest problem ?

Technologia rozcięcia i połączenia kabla w miejscu połączenia :

1. Przygotowujemy trzy odcinka kabla – odcinek A, odcinek B i krótki odcinek o długości 10 … 20 cm. To taki TECHNOLOGICZNY kawałek kabla zakończony wtyczką w celu podłączenia do TRx.
2. Wszystkie trzy kawałki obrabiamy jednakowo.
3. Ściągamy zewnętrzną izolację na długości 50 … 60 mm.
4. Usuwamy ekran na długości 10 mm.
5. Usuwamy izolację z żyły centralnej na długości 6 mm. Oswabadzamy tę żyłę.
6. Składamy te trzy żyły do siebie (jak palce przy prawosławnym żegnaniu się albo jak przy szczypaniu).
7. Obwiązujemy (oplatamy) gołym miedzianym przewodem o średnicy 0,1 … 0,3 mm pozostałe fragmenty. (cała powierzchnię) wszystkich trzech ekranów – BEZ LUTOWANIA !!!
8. Środkowe żyły zginamy do siebie i łączymy lutując je.
9. Prostoliniowo podwieszamy całość na dowolnej wysokości (od 0,5m do nieskończoności). Określamy charakterystykę amplitudowo – częstotliwościową według otrzymanego SWR-a. Określamy minimum.
10. Jeżeli SWR nie jest równy jedności i nie w środku wybranego pasma , to … skracamy najpierw odcinek B. Zdejmujemy charakterystykę częstotliwościowo – amplitudową. Minimum powinien podwyższyć częstotliwość. Jeżeli SWR pogorszy się, to należy skrócić odcinek A. Koniecznie musimy uzyskać IDEALNE wskazania SWR. Tylko wtedy antena będzie pracowała WŁAŚCIWIE.
11. Po nastrojeniu całość zabezpieczamy przed wpływem warunków atmosferycznych.
12. Powinno się mieć ŚWIADOMOŚĆ wykonywanych czynności. KONIECZNIE należy rozumieć zasady działania pętli (obwodu), rodzaje dopasowania przez odcinki kabli w układzie FIDER/ODCINEK. Jednym słowem powinno się znać TEORIĘ LINII DŁUGICH !”

*PS. Czytając tę „instrukcję” trudno oprzeć się wrażeniu, że autor bywa złośliwy.*

*A tu druga instrukcja strojenia tej anteny*

*Cyt.„* Wszystkie błędy popełnione przy obliczeniach dadzą o sobie znać jeżeli nieprawidłowo nastroimy dopasowanie. Podstawowym błędem jest umieszczenie SWR-miarki pomiędzy gniazdem antenowym nadajnika a linią zasilającą antenę. Punkt rozcięcia dopasowania jest w ściśle określonym miejscu ! Jeżeli choćby trochę odsuniemy się od tego punktu, z zasilaniem, amplituda drgań bardzo się obniży. W radiotechnice nazywa się to sprzężeniem z mało obciążonym obwodem oscylacyjnym o wysokiej dobroci. Strojenie należy przeprowadzić bardzo dokładnie. Jeżeli wszystko zostanie wykonane prawidłowo to będzie tak jak w dopasowaniu normalnego dipola, tyle, że z jednym ramieniem *(autor używa terminu „odsymetryzowany” – przyp. tłum.)*

Na czym więc polega metodyka strojenia obwodu dopasowującego – dopasowania ?

1. Pomiarze impedancji (pełnej oporności zespolonej), najlepiej jak najbliżej punktu strojenia na dopasowaniu.
2. Prowadzić strojenie z dużą dokładnością, to znaczy maksymalnie dokładnie należy określić punkt, w którym będzie miał on impedancję równą impedancji fidera (jednocześnie przed pomiarami należy skalibrować swój przyrząd i określić rzeczywistą impedancję kabla koncentrycznego).
3. Sprawdzić rezultat strojenia metodą wykorzystywania w charakterze fidera odcinków kabla o różnej długości. Przy tym, wartości oporności (lub SWR-a) nie powinny się zmieniać (reżim fali bieżącej).

Wszystkie pomiary można przeprowadzać za pomocą dobrej jakości SWR-miarki i TRx-a z mocą wyjściową 100 W. Nadajnik należy umieścić w odległości nie większej niż 10 cm od punktu strojenia, a pomiary należy prowadzić przy wykorzystaniu pełnej mocy wyjściowej.”

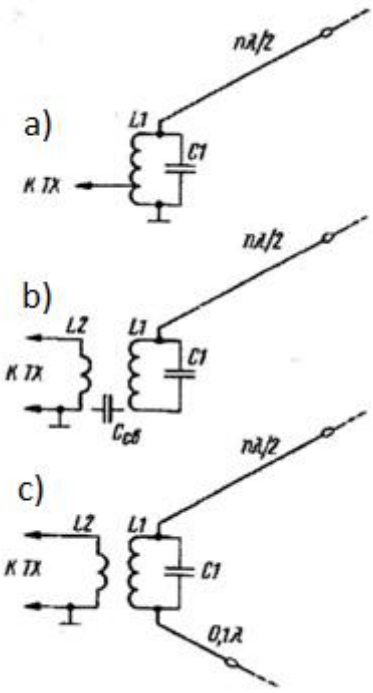
# EFA – „antena zasilana od końca”

Borys STIEPANOW (RU3AX), Moskwa

***Publikacja Sergieja Makarkina (RX3AKT) w czasopiśmie „Radio” i Internecie opisująca wykorzystanie anten z dopasowaniem w postaci linii z kabla koncentrycznego wywołała zainteresowanie tego typu konstrukcjami (antenami), które były znane jeszcze w latach 20 ubiegłego wieku. One rzeczywiście mają szereg zalet , ale w publikacjach im poświęconych nie napisano praktycznie niczego na temat ich wad. Niestety, w kręgach (niektórych) krótkofalowców rozpowszechniana jest opinia o ich zawyżonej efektywności. W tym artykule podjęto próbę oceny podobnych anten wykorzystujących ten rodzaj dopasowania.***

W eterze można czasem usłyszeć rozmowę krótkofalowców wykorzystujących antenę typu EFD. Ten skrót pochodzi od angielskiego wyrażenia opisującego określony rodzaj anten : „END – end fed dipole” czyli dipol zasilany od (z) końca, chociaż na samym początku, stwierdzić należy, że ta antena nie jest dipolem, który zasilany jest pośrodku. Znacznie rzadziej można spotkać ich poprawne określenie : „EFA – end fed antenna” czyli antena zasilana od (z) końca. Takie też określenie będzie używane w tym artykule – EFA.

Pierwszą anteną EFA wydaje się być antena Fuchsa [1]. Długość ramienia anteny wynosi **nλ/2**, a podłączony do jego końca przestrajany obwód strojony jest na średnią częstotliwość wykorzystywanego aktualnie zakresu. Ponieważ wejściowa oporność takiej półfalowej anteny (wykonanej z drutu) zawiera się w przedziale do 1 … 5 kΩ, to taki przestrajany obwód jest w stanie zapewnić dobre dopasowanie źródła sygnału i promiennika. Różne rodzaje sprzężeń anteny Fuchsa z nadajnikiem przedstawione są na rys. 1. Jeżeli obwód dopasowujący znajduje się w pobliżu nadajnika, to niższy (rys.1a) punkt podłączenia cewki L1 i kondensatora C1 jest uziemiony. W celu otrzymania optymalnego dopasowania czasami należy wibrator podłączyć do odczepów cewki L1. W większości przypadków (do dnia dzisiejszego) wykorzystywane jest sprzężenie z kablem koncentrycznym (rys. 1b).




Rys.1

Należy zauważyć, że zasilanie poprzez przestrajany obwód, w którym niższy punkt (rys.1 b) nie jest w żaden sposób podłączony, jest jakby niepotrzebny. Gdzie płynie prąd z niższej części obwodu ? W rzeczywistości płynie on, przez zawsze istniejącą pojemność pasożytniczą pomiędzy uzwojeniami cewki $C_{cb}$ i dalej, przez ekran kabla koncentrycznego (rys. 1b). W taki oto sposób, ekran kabla pracuje jak część promiennika (przeciwwaga). Ten prąd, chociaż niewielki (o ile cewki mają dużą oporność), jest przyczyną wielu zakłóceń TV. Znaczną część tego prądu można „zdjąć" z kabla koncentrycznego przez podłączenie przeciwwagi o długości nie większej niż 0,1λ (rys. 1c).

W latach dwudziestych ubiegłego wieku, półfalowe promienniki były zasilane od końca przez powietrzną linię symetryczną, która pełniła rolę obwodu dopasowującego w antenach Fuchsa lub Zeppelin (i im podobnych) oraz „wielozadaniowej" przeciwwagi. Takie linie zajmują wiele miejsca i pewnie dlatego główne ich zastosowanie to UKF. Stąd też pewnie, także do dzisiaj, duża popularność anteny typu „J". Przedstawia ona sobą półfalowy pionowy promiennik zasilany od dołu przez („powietrzną") zwartą linię ćwierćfalową. Wykorzystywano także, jako dopasowanie w zakresie UKF, „powietrzne" kable koncentryczne. Jednak nie zdobyły one popularności.

W czasach powojennych opracowano dopasowanie wykorzystujące kabel koncentryczny (z dielektrycznym wypełnieniem) dla anten EFA. Charakteryzują się prostą budową i strojeniem. I takie konstrukcje anten się pojawiły. Wykonać dobrą wielopasmową antenę EFA (choćby dwupasmową), nie jest łatwo, tym bardziej, że nie ma osobnych opracowań na ten temat (albo nie są one rozpowszechniane). Tym nie mniej, w literaturze dla radioamatorów, pojawiają się kolejne opisy podobnych anten [2-4].

W Rosji temat anten EFA, zasilanych dopasowaniem z kabla koncentrycznego, powrócił jak Sergiej Makarin (RX3AKT) wykonał kilka wariantów takich anten, opisał je, a wyniki opublikował w miesięczniku „Radio" i Internecie [5]. Na forach radiowych niektórzy krótkofalowcy, powtarzający tę konstrukcję, wydali o tej antenie entuzjastyczne opinie : „Pracuje znacznie lepiej niż dipol !". Takie opinie doprowadziły do tego, że postanowiono zbadać sprawność anteny EFA z koncentrycznym dopasowaniem, a rezultat tych pomiarów okazał się niezbyt pocieszający.

Przeanalizujmy tę antenę. EFA, to antena bardzo prosta w swej konstrukcji i dobra w sytuacji, gdzie nie mamy możliwości na instalację innych anten – chociażby dipola, czy innych złożonych systemów antenowych. W warunkach miejskich nie jest to wcale rzadka sytuacja. Podobną antenę możemy łatwo rozwiesić pomiędzy domami, między mieszkaniem a drzewem, itd. W odróżnieniu od dipola, zasilanego pośrodku, nie ma problemu z mechanicznym obciążeniem przez fider samej anteny (jej ramion), czy z doprowadzeniem go do mieszkania. Jest wygodna do stosowania w warunkach polowych – wieszamy jeden koniec na drzewie i … pracujemy do woli.

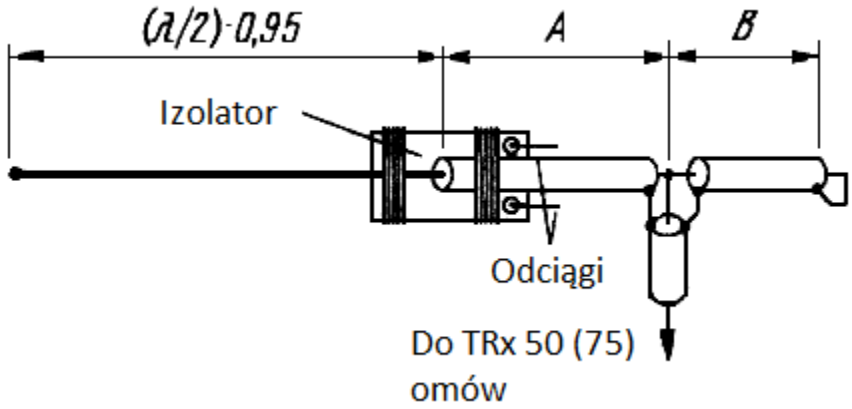
Jednak półfalowa antena EFA **nigdy** nie będzie pracowała lepiej od klasycznego dipola półfalowego ! Podobnie ma się rzecz z dipolami zasilanymi asymetrycznie. Dokładniej – te anteny zawsze będą pracowały gorzej, ponieważ EFA mająca takie lub inne dopasowanie, w którym niechybnie występują straty. Małe czy duże – to temat na oddzielne opracowanie *(znajduje się ono w innym tłumaczeniu „O sprawności dopasowania wykonanego na bazie kabla koncentrycznego" – przyp. tłum.).* Jednak dodatkowe straty w dopasowaniu nie mogą polepszyć sprawności całego systemu antenowo – fiderowego. I to właśnie jest główna wada anten EFA.

Dopasowanie wykonane jako przestrajany obwód LC i dopasowanie jako dwuprzewodowa linia symetryczna (także z dielektrykiem) wnoszą niewielkie straty. Dlatego w dalszej części

omawiane będą tylko dopasowania na bazie kabla koncentrycznego.

Jeżeli w linii zasilającej osiągniemy SWR bliski jedności, to w linii dopasowującej wielkość SWR w pobliżu rozwartego końca linii (w miejscu podłączenia anteny) będzie zawierało się w przedziale 20 .. 100. Przy czym dla niższych zakresów KF, gdzie EFA jest najczęściej wykorzystywana, SWR będzie w górnej granicy przedziału. Przy takich wartościach SWR, przejmować się dodatkowymi stratami (*tłumienność – przyp. tłum.)*, w stosunkowo krótkiej ćwierćfalowej linii dopasowującej, nie należy. Te straty nie zależą tylko od SWR ale też od typu kabla koncentrycznego, który jest wykorzystywany w linii dopasowującej i od jego fizycznej długości.

| Zakres częstotliwości ,MHz | RG-58 | RG-58 | RG-58 | RG-213 | RG-213 | RG-213 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A, m | B, m | Sprawność % | A, m | B, m | Sprawność % |
| 1,85 | 22,81 | 4,2 | 23 | 23,78 | 3,07 | 45 |
| 3,6 | 11,9 | 1,94 | 29 | 12,31 | 1,48 | 52 |
| 7 | 6,21 | 0,9 | 36 | 6,37 | 0,72 | 59 |
| 10,1 | 4,32 | 0,6 | 40 | 4,43 | 0,48 | 62 |
| 14,1 | 3,114 | 0,41 | 43 | 3,18 | 0,34 | 65 |
| 18,1 | 2,435 | 0,31 | 47 | 2,48 | 0,26 | 68 |
| 21,1 | 2,09 | 0,26 | 48 | 2,13 | 0,22 | 69 |
| 24,9 | 1,776 | 0,22 | 50 | 1,805 | 0,19 | 71 |
| 28,5 | 1,556 | 0,19 | 52 | 1,58 | 0,16 | 72 |




Rys. 2

Można je określić wykorzystując program APAK-EL [6].

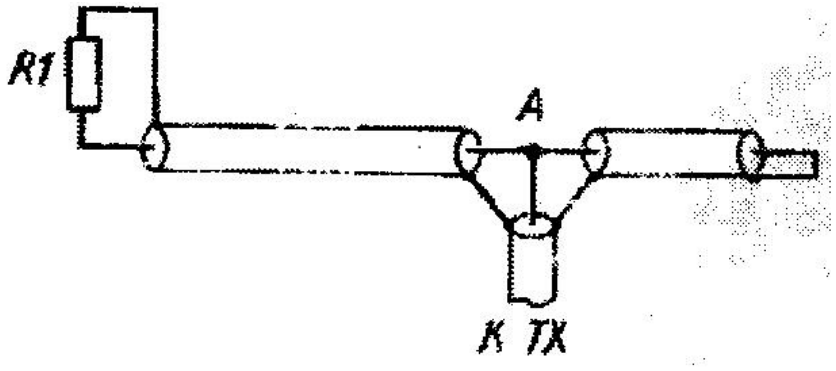
Rezultaty obliczeń strat w dopasowaniu dla dwóch typów kabli (RG58U/C i RG-213) dla całego zakresu KF (w paśmie amatorskim) przedstawione są w tablicy powyżej. Gdzie A i B – długości odcinków kabla ćwierćfalowego transformatora (rys.2). Obliczenia wykonane są dla oporności wejściowej anteny 3,3 kΩ.

Z danych, zawartych w tablicy, wyciągnąć można dwa wnioski :

1. w dopasowaniu są straty i to wcale nie małe, oraz
2. straty zależą od rodzaju zastosowanego kabla (im grubszy tym straty mniejsze) i jego

długości.

Takich wniosków można też było oczekiwać z ogólnych rozważań [7]. Po zastanowieniu, entuzjazm w stosunku do anten EFA – maleje. Wysoka wartość strat wywołuje u niektórych krótkofalowców zwątpienie. Można tego łatwo dowieść. Należy wziąć podobne dopasowanie, do którego jako ekwiwalent anteny, podłączymy bezindukcyjny opornik o oporności kilku kiloom (rys.3).




Rys.3

Źródłem sygnału może być dowolny generator małej mocy. Tak mała moc spowoduje, że na obciążeniu będzie wydzielana moc rzędu setnych części W. Po osiągnięciu w fiderze SWR = 1, mierzymy napięcie w.cz. w punkcie A oraz na rezystorze obciążającym $R_1$. W trakcie takich pomiarów nie jest problemem określenie mocy wydzielanej w dopasowaniu i mocy na ekwiwalencie anteny. Mając te dane łatwo określimy sprawność. Napięcia wyjściowe, w praktyce osiągają wartości odpowiadające w przybliżeniu sprawnościom przedstawionym w tabeli.

W tym eksperymencie należy korzystać z woltomierza w.cz. z małą pojemnością wejściową (kilka pF) i wysoką opornością wejściową. Należy pamiętać , że woltomierze z diodami germanowymi mają oporność wejściową rzędu kiloomów i do tego zadania się nie nadają. Lepsze będą woltomierze lampowe z diodami próżniowymi.

Podobnie jak w antenie Fuchsa, na ekranie koncentryka pojawi się pewna część prądu, co spowoduje że będzie on promieniował. Ten prąd, jak wcześniej zauważono, jest niewielki. Jednak nakłada to pewne ograniczenia co do umieszczenia samego dopasowania. Nie powinniśmy przeprowadzać go w pobliżu metalowych przedmiotów (układając go na np. na parapecie) - sprawność systemu jeszcze bardziej się obniży.

Podsumowując można stwierdzić , że antena EFA z dopasowaniem w postaci kabla koncentrycznego nadaje się do pracy, ale jej sprawność nie jest zbyt duża - średnio ok. 50 %. Dlatego możemy ją stosować kiedy chcemy mieć prostą w wykonaniu antenę lub nie możemy powiesić innej, bardziej złożonej konstrukcji. Kabel stosowany w dopasowaniu powinien mieć jak najmniejsze straty. Jeżeli jednak chcemy stosować cienki koncentryk (w użyciu znacznie łatwiejszy) to należy pamiętać jaki to ma wpływ na zwiększenie strat w dopasowaniu. Czym wyższy stosunek średnicy przewodu, z którego wykonana jest antena, do jego długości tym niższy jest opór wejściowy półfalowego wibratora i tym wyższa jest sprawność anteny EFA (przy pozostałych równych warunkach).

Należy wspomnieć, że anteny EFA z dopasowaniem w postaci linii powietrznej lub płaskiego kabla osiągają sprawność nie mniejszą niż 95 %.

Wykonując tę antenę z dopasowaniem z kabla koncentrycznego, należy mieć na uwadze, że te same oznaczenia różnych producentów mogą dotyczyć kabli z różnymi modyfikacjami. W tabeli zamieszczono dane dot. kabla z polietylenowym (w postaci jednolitej) dielektrykiem o

k=0,66 (RG-58 A/U). Na rynku można spotkać co najmniej jeszcze dwa takie kable o tym samym oznaczeniu mające jako dielektryk spieniony polietylen, którego k=0,75 (około). Mają one inną sztywność i mniejsze straty.  Oczywiście takie kable też mogą być użyte do dopasowania, ale po dokonaniu korekcji wymiarów.

Kable ze spienionym polietylenem jako dielektrykiem, mają ponadto różne kolory : od żółto-białawego do białego. W każdym przypadku należy dokładnie określić współczynnik skrócenia "k" kabla koncentrycznego i uwzględnić go projektując dopasowanie.

*Autor dziękuje Igorowi Gonczarenko (DL2KQ - EU1TT) za przygotowanie danych dot. sprawności dopasowania ( tabela) i za pożyteczną dyskusję podczas przygotowywania tego tekstu.*

LITERATURA :

1. Rothammel K. , Antennenbuch, Berlin 1979

2. Hawker H., Technical Topics, RadCom, VIII 2004, str.45

3. Koch K., 7-Band-Reiseantenne... ,Funkamateur. VI 2002, str.686 do 687

4. Winogradow J., O dopasowaniu anteny półfalowej, Radio 2003, nr4, str.69

5. Makarin S., Jednopasmowa antena do szybkiego powieszenia, Radio 2003, nr 7, str. 72

6. Szeweljew A., Gonczarenko I., Program APAK-EL ..., Radio 2002, nr 12, str. 60 do 63

7. Łapowok Ja., Wpływ SWR na pracę radiostacji, Radio 1969, nr 11, str. 28 do 29

# O sprawności dopasowania wykonanego na bazie kabla koncentrycznego

**Autor : Włodzimierz Tichonow (UR 4 III)**

Powodem powstania tego tekstu były pojawiające się w sieci odsyłacze do artykułu B. Stiepanowa «EFA – Antena zasilana od końca» opublikowanego w czasopiśmie RADIO (nr 2 z 2005 roku) o celowości wykorzystania takiego zasilania anteny z wykorzystaniem ćwierćfalowego obwodu na bazie kabla koncentrycznego (J-antena). Ten rodzaj dopasowania był już omawiany na kilku forach krótkofalarskich, gdzie były przedstawiane praktyczne i teoretyczne wywody różne od tych przedstawionych w tym artykule. Ponieważ nie były one przedstawione na stronie Stiepanowa, niniejsza praca ma za zadanie uzupełnienie tego niedostatku na pożytek krótkofalowcom.

W artykule Stiepanowa przeanalizowano sprawność takiego urządzenia dopasowującego na podstawie obliczeń przy użyciu programu APAK-EL. Nie podważając prawidłowości wyliczeń, należy przypomnieć, że sprawność linii zasilającej opisana jest stosunkiem mocy dostarczonej do obciążenia do mocy doprowadzonej na początek linii. Oczywiście część mocy tracona jest w samej linii. Nie mam zamiaru przedstawiać tutaj tego zagadnienia od strony teoretycznej, ale wszystko co dotyczy linii zasilających zawarto w [1]. Na potrzeby niniejszego artykułu, straty będą charakteryzowane przez tłumienność.

W przypadku niedopasowania oporności obciążenia do oporności fidera tłumieniu podlega i fala padająca i fala odbita. Moc odbita, zmniejszająca moc padającą, nie stanowi strat (jako takich) i w określeniu sprawności linii może być użyta pośrednio poprzez pomiar tłumienia fali odbitej. Jednakże są urządzenia, gdzie moc odbita może być rozpatrywana jako strata. Takim urządzeniem może być ćwierćfalowy odcinek linii, zwarty na jednym z końców.

Zasilanie ćwierćfalowej linii (*zastosowanej w antenie Makarkina – przyp. tłum.)*, zwartej na jednym końcu i rozwartej na drugim, jest równoważne równoległemu zasilaniu dwóch krótkich linii zwartych na jednym końcu i rozwartych na drugim, o całkowitej długości ¼ λ. Fala bieżąca prądów w przewodach linii zasilającej rozdziela się w kierunku zwartego i rozwartego końca. Osiągając rozwarty koniec odbijają się, formując brzusiec napięcia o odpowiedniej polaryzacji. Na zwartym końcu także następuje odbicie tylko innego charakteru, w rezultacie czego powstaje brzusiec prądu. W odcinku ćwierćfalowym powstaje fala stojąca, dzięki czemu teoretycznie zerowa oporność zwartego końca jest transformowana do punktu zasilania, który charakteryzuje się pewną wielkością oporności czynnej i uzupełniającej ją reaktancji indukcyjnej. Teoretycznie nieskończenie wielka oporność rozwartego końca, także jest transformowana do miejsca zasilania, które co do wielkości odpowiada oporności czynnej zwartego końca i uzupełniającej ją reaktancji pojemnościowej. Wielkości oporności pozornych są równe i przeciwne co do znaku, dlatego kompensują się. Zostaje tylko rzeczywista oporność wejściowa. Ta równowaga oporności i reaktancji jest słuszna dla odcinka o dowolnej długości. Dlatego, podłączając się do niego w dowolnym miejscu, zawsze będziemy mieli tylko czynną oporność wejściową. Otrzymaliśmy praktycznie idealne urządzenie dopasowujące do linii zasilającej o dowolnej oporności falowej.

Jeżeli do ćwierćfalowego odcinka kabla ze zwartym jednym końcem i rozwartym drugim, doprowadzimy pewną moc, to zostanie ona w całości rozproszona na oporności czynnej jej przewodów.

Istnienie tylko rzeczywistej oporności wejściowej w ćwierćfalowym odcinku wywołuje pokusę wykorzystania go w charakterze transformatora do dopasowania nie tylko z linią zasilania, ale i z obciążeniem w zakresie oporności od zera do nieskończoności. Przykładowo, mając wyjście nadajnika 50 Ω i antenę z wejściową opornością 300 Ω, szukamy w jakim miejscu odcinka będzie oporność 300 Ω i podłączamy obciążenie. Niestety, po takim podłączeniu cudowna własność linii znika – teraz fala bieżąca odbija się nie tylko od obu końców linii (rozwartego i zwartego) ale i od oporności obciążenia. A przecież, podłączenie obciążenia nie powinno wpływać na charakter rozdziału prądu i napięcia w dopasowaniu. To jest możliwe tylko przy podłączeniu do rozwartych końców dopasowania odcinków o długości półfali lub ich wielokrotności. Przy podłączeniu jednego półfalowego wibratora mamy J-antenę, a przy podłączeniu dwóch wibratorów – podwójny Zeppelin. Podłączenie obciążenia, o dużej oporności, do rozwartego końca dopasowania, jak to pokazano w artykule Stiepanowa, zmienia rozkład prądu i napięcia, ale nie w sposób istotny. Dlatego, w tym przypadku, wejściową oporność dopasowania możemy uznać jako oporność czynną. Na obciążeniu rozpraszana jest (wydzielana) pewna moc, a ponieważ cała moc tracona jest w układzie „dopasowanie + obciążenie", łatwo można określić sprawność całości. Potwierdzają to obliczenia i pomiary.

Jednak w opisywanym eksperymencie jest jedna istotna niedokładność – podłączenie ekwiwalentu anteny (oporności $R_1$) do obu końców ćwierćfalowego dopasowania ! *(tzn. do gorącej żyły i ekranu, czego nie ma w antenie Makarkina – przyp. tłum.)*

Pomiędzy odległym, nie podłączonym, końcem anteny i wolnym końcem dopasowania *(ekran dopasowania λ/4 – przyp. tłum.)* nie ma elektrycznego połączenia ! A gdyby tak uziemić jeden koniec oporności $R_1$ ? Tak właśnie jest, kiedy podłączamy jedno ramię mostka pomiarowego przy określaniu oporności wejściowej anteny na końcu. W tym przypadku, dokładnie określamy oporność układu „antena + ziemia". Ale to oddzielny temat.

Krótkofalowcy często myślą schematycznie, uważając, że moc do anteny może płynąć tylko

dwoma przewodami. Jednym przewodem wpływa, a drugim wypływa. Niestety, takie myślenie jest powszechne. To taka sama prawda jak ta, że Ziemia jest płaska.

Nic z odleglejszego końca wibratora nie „wypływa" i nic w swobodny koniec dopasowania nie „wpływa". Kluczowy moment do zrozumienia zasilania wibratora od jego końca, to czy :

- Przechodzi przez niego fala bieżąca prądu ?
- Tylko się odbija od niepodłączonego dalszego końca ?
- Powstaje przy tym fala stojąca prądu i napięcia w antenie ?

Odpowiedzi na te pytania były przedstawione w rozważaniach : przechodzi, odbija się, formuje (powstaje). Tam, gdzie jest prąd, jest i rozpływ mocy - także na oporności promieniowania. Jego teoretyczna wielkość dla wibratora półfalowego równa jest 73 Ω. Mając za punkt wyjścia to, że rozpływ prądu i napięcia w dopasowaniu i antenie jest analogiczny, wielkość mocy pomiędzy dopasowaniem a anteną jest proporcjonalny do wielkości ich oporności. Sprawność dopasowania jest wynikiem odniesienia sumy oporności promieniowania i strat w antenie do ogólnej sumy oporności układu „dopasowanie + antena". Przykładowo, oporność mojej delty na 80 m dla prądu stałego wynosi 3 Ω. Oporność jej połowy równa się 1,5 Ω. Oporność przewodów dopasowania z uwzględnieniem współczynnika skrócenia 1,5*0,66=1Ω. Uwzględniając skin-efekt zwiększamy oporność przewodów. Wtedy sprawność dopasowania jest równa ((1,5*10 + 73)/(1.5*10 + 1*10 + 73))*100% = 90%. Przy uwzględnieniu pozostałych strat w antenie sprawność dopasowania zwiększa się.

Użytkownicy J-anteny z wykorzystujący dopasowanie z kabla koncentrycznego mogą zmierzyć sprawność, umieszczając w zwartym końcu wskaźnik prądu (np. zwojnica z kilkoma zwojami przewodu i dioda jako wskaźnik). Sprawność będzie równa stosunkowi różnicy kwadratów prądu przy odłączonej i podłączonej antenie do kwadratu prądu przy odłączonej antenie przy jednakowej mocy doprowadzonej.

Zarówno dopasowanie jak i antena pracuje w warunkach niemal 100%-wego odbicia fali prądu i napięcia. Dlatego jest w pełni zrozumiała obawa niektórych dyskutantów, że taki rodzaj pracy może być szkodliwy dla kabla *(przebicie wysokim napięciem – przyp. tłum.).* Jednakże wykazano, że przy pełnym odbiciu mocy, napięcie na końcach rozwartej linii wzrośnie najwyżej dwa razy. To samo z prądem na zwartym końcu dopasowania. Uwzględniając to, że padające i odbite fale powodują powstanie fal stojących prądu i napięcia, średnia wielkość prądu (napięcia) na długości ćwierćfalowej linii wynosi (zgodnie z wykresem fali stojącej i bieżącej) co najwyżej 27%, a straty tłumienia nie dwa razy, a max. 1,63 raza.

Istotne ?

Jak dla kogo. Te dane powinny wystarczyć żeby wybrać odpowiednią markę kabla i ocenić straty w dopasowaniu.

Podsumowanie. Nie ma wątpliwości co do danych (obliczeń) przedstawionych na stronie Stiepanowa. Jest natomiast uzasadniona wątpliwość co do przeprowadzonego eksperymentu *(tym bardziej, że eksperymentator użył przypadkowego opornika (3,9 kΩ) tłumacząc się, że innego nie miał „pod ręką" – przyp. tłum.)*. Ale o tym mogą się przekonać sami krótkofalowcy wykorzystujący takie anteny z takim dopasowaniem.

Autor artykułu posługiwał się danymi ze strony :
http://www.teleradio.ru/arials/part3/CHAPTER6/6.htm

20.10.2005 г.
Владимир Тихонов (UR 4 III)

# Antena "Fuchs"- znana i nieznana

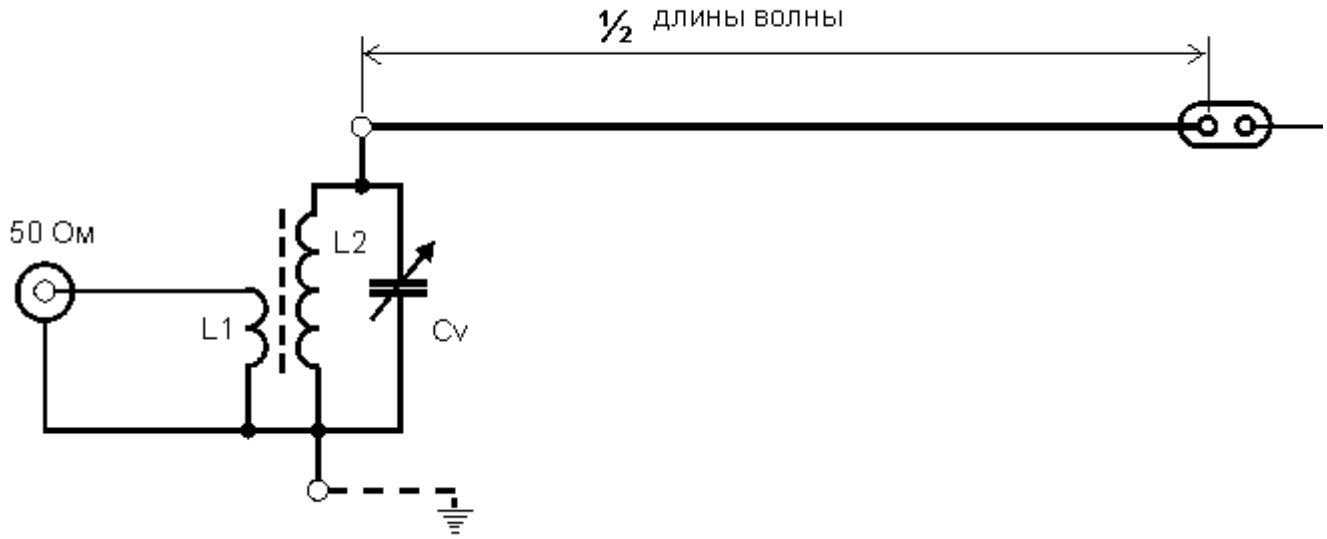
*Николай Большаков (RA3TOX), г. Нижний Новгород*
*E-mail: boni{песик}atnn.ru*

Antena **"Fuchs",** praktycznie, nie jest znana pod swoją nazwą w świecie krótkofalowców *(mam odmienne zdanie – przyp. tłum.),* tym nie mniej była bardzo popularna w latach trzydziestych ubiegłego stulecia. Opracował ją i otrzymał patent (N 110357-1927) **OE1JF.** Antena przedstawia sobą przewód o długości półfali i transformator dopasowujący tę antenę do nadajnika. Jeden koniec anteny, praktycznie jest tuż przy nadajniku, a drugi zamocowany do jakiejkolwiek wysokiej konstrukcji (wieżowiec, drzewo, etc.)

Ta antena, jako żywo, przypomina antenę Siergieja Makarkina (**RX3AKT**) – „Antena do szybkiego rozwieszania". Antena ma szereg niezaprzeczalnych zalet : prostota zawieszenia, możliwość zasilania z jednego końca, łatwość „dojścia" do dopasowania. Wszystko to jest ważne w warunkach miejskich. Podstawowa wada tej anteny to praca na jednym paśmie. Jest wprawdzie wielopasmowa wersja tej anteny, opracowana przez Makarkina, ale jej budowa jest na tyle złożona i wymagająca precyzji w wykonaniu (przełączanie elementów dopasowujących, drogie przekaźniki), że nie jest chętnie powielana.

Wróćmy do anteny **"Fuchs"** i sposobami jej zasilania, które przedstawił współcześnie żyjący francuski krótkofalowiec Luc Pistorius **(F6BQU**).

**Pierwszy wariant** (Rys.1) przedstawia sobą równoległy przestrajany obwód z cewką sprzęgającą. Transformator wykonany jest z użyciem rdzenia toroidalnego. Uzwojenia nawinięte przewodem 0,5 mm w emali.




Rys. 1.

Dane uzwojenia wtórnego i kondensatora **Cv** pokazane są w **tabeli 1,** opublikowanej przez **DL6YCG** w czasopiśmieв "QRP-Report" N2-1997. Liczba uzwojeń cewki sprzęgającej $L_1$ wynosi od 1 do 4, w zależności od zakresu KF (80m - 4 zwoje, 40m - 3, dla wyższych częstotliwości 1... 2 zwoi). W pierwszej kolejności nawijamy, równomiernie na całym obwodzie rdzenia, uzwojenie wtórne. Następnie, na wierzchu, bliżej „uziemionego" końca, cewkę sprzęgającą.

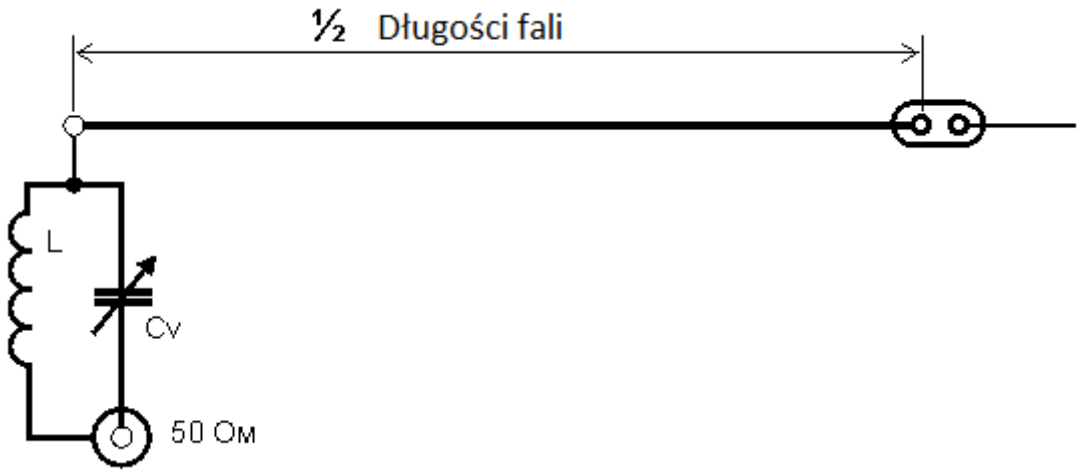
Tabela 1

| Długość fali, m | Cv (pF) | L (µH) | T50-2 | T80-2 | T120-2 | T200-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 200 | 10,3 | 46 | 43 | 30 | 29 |
| 40 | 100 | 5,2 | 32 | 32 | 22 | 21 |
| 30 | 100 | 2,5 | 22 | 21 | 15 | 14 |
| 20 | 50 | 2,6 | 23 | 22 | 15 | 14 |
| 17 | 50 | 1,54 | 18 | 17 | 12 | 11 |
| 15 | 50 | 1,15 | 15 | 14 | 10 | 10 |
| 12 | 50 | 0,85 | 13 | 12 | 9 | 8 |
| 10 | 50 | 0,64 | 11 | 10 | 8 | 7 |

UWAGA : przenikalność magnetyczna wszystkich rdzeni ferrytowych µ=10; średnica rdzeni T50 - 12 mm, T80 - 20 mm, T120 - 30 mm, T200 - 50 mm.

Konstrukcja transformatora dopasowującego umieszczona jest w niezbyt dużej obudowie i zabezpieczona od wpływów atmosferycznych. Strojenie anteny sprowadza się do zmiany pojemności kondensatora **Cv** i doboru długości promiennika w celu uzyskania jak najmniejszego SWR-a. Dopasowanie można uziemić tak jak to pokazano na rysunku 1. Można też tego nie robić podłączając, w punkcie uziemienia, odcinek przewodu o długości około 1 metra.

**Drugi wariant** (Rys.2) konstrukcyjnie jest prostszy i wygodniejszy w strojeniu. Cewka indukcyjna nawinięta jest na kawałku rury PCV o średnicy 25 mm. Kondensator **Cv** powinien mieć wystarczające odstęp pomiędzy okładzinami.




Rys. 2

Należy wspomnieć, że ten wariant przeznaczony jest dla nadajnika o mocy do 10 W. Wartości pojemności kondensatora i liczby uzwojeń cewki pokazane są w tabeli 2. Z powodu braku czasu ten układ był sprawdzony tylko na trzech zakresach.

Tabela 2

| Długość fali, m | Cv (pF) | Liczba uzwojeń (Ø 1,2 мм) |
|---|---|---|
| 40 | 39 | 32 |
| 20 | 27 | 19 |
| 15 | 22 | 14 |

Trzeba też powiedzieć, że długość promiennika anteny „**Fuchs"** może być też wielokrotnością półfali (byłoby to pożądane). Im dłuższa antena tym wyższe wzmocnienie w zadanym kierunku. Pozwala to na uzyskanie wielopasmowego wariantu tej anteny. Przełączanie elementów moża zrobić znacznie prościej, niż ma to miejsce w wielopasmowej antenie Makarkina. Układy przełączeniowe zależą już tylko od pomysłowości radioamatora.

Jest jeszcze trzeci wariant dopasowania przygotowany przez F6BQU. Różni się sposobem strojenia anteny, przez zmianę długości promiennika od strony dopasowania. Ale o tym, może kiedyś … .

Ciekawym byłoby porównanie tych dwóch konstrukcji i uzyskanie opinii krótkofalowców na temat pracy tych anten.

Literatura:

1. Luc Pistorius (F6BQU). Antennes simples demi-onde. (http://lpistor.chez.tiscali.fr)
2. Сергей Макаркин (RX3AKT). Однодиапазонная антенна быстрого развертывания. Радио N7-2003, РадиоДизайн N2-1998, (http://www.cqham.ru/antenna46.htm).
3. Сергей Макаркин (RX3AKT). Антенна радиостанции RX3AKT. (http://www.cqham.ru/ant_12.htm)
4. Игорь Григоров. Антенны. Настройка и согласование. М.РадиоСофт, 2002г.

*Tłumaczenie : SP1VDV*

*sp1vdv@wp.pl*

*PS. Antena MAKARKINA (RXAKT) wzbudza w środowisku krótkofalowców rosyjskich wiele emocji – także tych negatywnych. Na wielu forach dyskusyjnych głos zabierają specjaliści i „specjaliści" mnożąc teorie działania tej konstrukcji. Nie biorąc odpowiedzialności za prawidłowość tych wywodów, czytelnikom pozostawiam decyzję co do ich oceny. '73*