

## Niektóre zagadnienia dotyczące pracy BALUNÓW

*Adaptowana wersja materiału z czasopisma QST, marzec, 1983 rok. Tutaj opublikowana została z zachowaniem numeracji rozdziałów z jednego ze znanych poradników (ARRL lub RSGB).*

### Rozdział 21.1 - Wprowadzenie

Dlaczego mrok tajemniczości otaczają „baluny” ? W tym materiale przedstawimy wyczerpująco wszystko to, co dotyczy tego zagadnienia. Postawimy wszystkie kropki nad „i” !  
Stosować balun czy go nie stosować ? To podstawowe pytanie w świecie krótkofalowców.

Niektóre zasady podłączania linii zasilającej (fidera) w postaci kabla koncentrycznego z symetryczną anteną do dzisiaj nie są dokładnie zachowane. Także do tej pory nie w pełni zrozumiała jest funkcja baluna. Wiele fabrycznie wykonanych balunów okazuje się być w istocie transformatorami impedancji, którym zbyt pochopnie przypisywana jest tylko funkcja dopasowania impedancji. A przecież podstawowa rola baluna polega na zabezpieczeniu prawidłowych dróg przepływu prądu w niesymetrycznej linii i sprzężonej z nią symetryczną anteną.

Żeby rozwiązać pewne niedomówienia, w tych rozdziałach mowa będzie o niektórych niepożądanych zjawiskach, które pojawiają się kiedy nie stosujemy baluna i kiedy balun jest stosowany. W wielu przypadkach zjawiska te mają wpływ na pomiar impedancji anteny i SWR.

Opisany jest też tani sposób budowy, przy użyciu ferrytowych pierścieni, szerokopasmowego dławika (balun typu dławikowego) na powierzchni linii koncentrycznej zasilającej antenę. O ile, ta konstrukcja wyklucza stosowanie transformatora dopasowującego jako takiego (z charakterystycznymi dla tej konstrukcji błędami w transformacji impedancji), to przy jej stosowaniu osiągamy znaczne podwyższenie dokładności mierzonej impedancji i SWR-a. Ponadto z balunem typu dławikowego możemy stosować i inne urządzenia dopasowujące, o ile wnoszone przez nie rozstrojenie systemu antenowego jest nieznaczne.

### Rozdział 21.2. Dokładność transformacji.

Wykorzystując precyzyjny mostek pomiarowy impedancji General Radio 1606-A i odbiornik pomiarowy Boonton 250-A, pomierzyłem baluny typu transformatorowego. Pomiar potwierdził, że jeżeli są one obciążone impedancją o oporności rzeczywistej równej  $50 \Omega$ , to takie transformatorowe baluny ze współczynnikiem transformacji 1:1 i 1:4 nie zapewniają dokładnego dopasowania pomiędzy wejściem a wyjściem. Jest to spowodowane stratami, pasożytniczą reaktancją (pojemnościową) i nieoptymalnym sprzężeniem. Moje wyniki potwierdził w ostatniej swojej pracy John Nagle – K4KJ [80].

Co więcej, współczynnik transformacji takich balunów zmienia się w jeszcze większych przedziałach, jeżeli współpracują one z obciążeniami o impedancji, w której oprócz składowej czynnej jest jeszcze składowa bierna na częstotliwościach różnych od rezonansowej. Ta zmiana transformacji związana z zastosowaniem balunów typu transformatorowego zwykle nie powoduje poważnych problemów w eksploatacji. Tym niemniej, usunięcie zależności SWR od częstotliwości pomiędzy balunami transformatorowymi a dławikowymi (nie powodującymi błędów w transformacji impedancji) znacznie się różni.

Podczas pomiaru impedancji ( $R + jX$ ), przy użyciu precyzyjnego mostka, otrzymane dane będą obarczone błędem zarówno z użyciem baluna typu transformatorowego jak i bez niego.

### Rozdział 21.3. Czy zmiana długości fidera powoduje zmianę SWR ?

Wiemy, że impedancja wejściowa linii zasilającej (fidera) zależy od jej długości wówczas kiedy obciążenie (antena) nie jest do tej linii dopasowane.

Niekiedy, poprzez zmianę długości fidera otrzymujemy lepsze dopasowanie z nadajnikiem (linia zasilająca jako transformator oporności). Teoretycznie SWR nie powinien się zmieniać wraz ze zmianą długości linii zasilającej antenę. Jedyną zmianą powinno być pozorne polepszenie SWR-a w wyniku zwiększenia tłumienia przez samą linię przy wzroście jej długości. Dlaczego, w takim razie, SWR czasami ulega zmianie? Jeżeli SWR wraz ze zmianą długości fidera zmienia się znacznie, oznacza to, że impedancja obciążenia na końcu linii także się zmienia. Czy w takim razie impedancja obciążenia (anten) zależy od długości linii? Tak. Zasilając symetryczne obciążenie niesymetryczną linią bez baluna, poprzez zmianę długości linii zmienia się i impedancja obciążenia, a co za tym idzie i SWR! Żeby wyjaśnić to często występujące zjawisko, powinniśmy wiedzieć, jak w systemie antenowym płyną prądy.

Żeby zrozumieć funkcję jaką pełni balun, musimy wiedzieć którądy płynie prąd w punktach zasilania dipola. Te drogi pokazane są na rys.21-1.

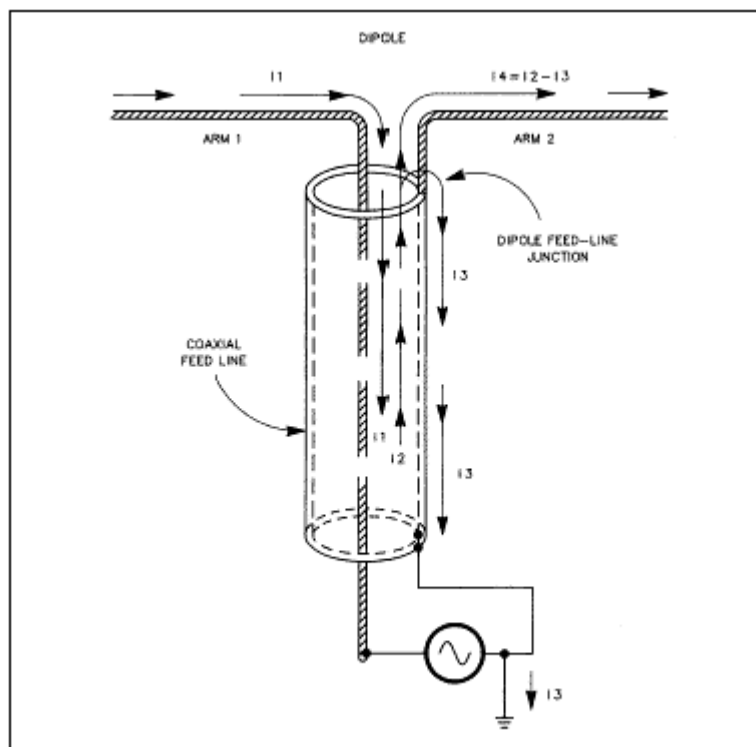


Fig 21-1—Illustration of the various current paths at a dipole feed point.

Poza symetrią w punktach podłączenia fidera, dipol ma jednakowe względem amplitudy i przeciwne co do znaku napięcia. Tym samym nie pozwala przepływającym prądom płynąć po zewnętrznej powierzchni fidera [81].

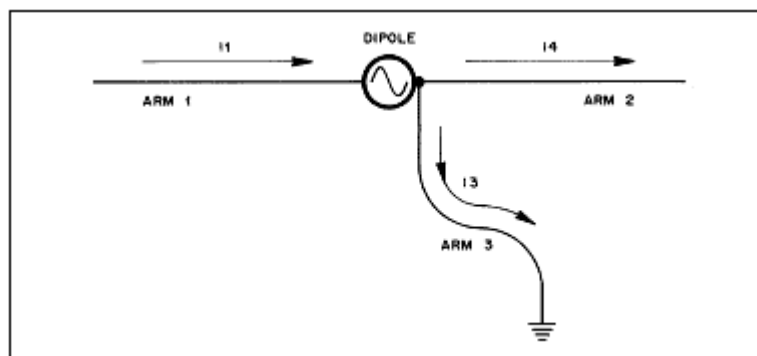
Jednak w linii koncentrycznej nie mamy dwóch ale trzy drogi po których płyną prądy. Jak to możliwe? Na częstotliwościach radiowych skin-efekt powoduje izolowanie prądów płynących po zewnętrznej i wewnętrznej stronie oplotu kabla. Ten efekt (niemożliwy dla prądu stałego i na niskich częstotliwościach prądu przemiennego) zapobiega wzajemnemu oddziaływaniu prądów płynących po wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni oplotu kabla.

Jak pokazano na rys. 21-1 prąd  $I_1$  płynie przez środkowy przewód linii koncentrycznej, a prąd  $I_2$  po wewnętrznej stronie ekranu kabla. Jeżeli prąd płynie tylko z lewej strony na prawą, jak na rys.21-1, to  $I_1$  płynie z połówki dipola (1) w dół, wzdłuż środkowej żyły i wraca do generatora. Prąd  $I_2$  o przeciwnej fazie i kierunku przepływa po wewnętrznej powierzchni oplotu kabla do punktu, w którym łączy się z drugą połówką dipola (2). W tym miejscu prąd  $I_2$  dzieli się na dwa prądy  $I_3$  i  $I_4$ . Prąd  $I_3$  płynie z powrotem po zewnętrznej powierzchni ekranu, a  $I_4 = I_2 - I_3$  płynie w prawo w kierunku półdipola (2).

Wielkość prądu  $I_3$  zależy od impedancji ziemi odniesienia – zewnętrznej powierzchni ekranu kabla koncentrycznego. Jeżeli rzeczywista długość do ziemi wynosi nieparzystą ilość

ćwierćfalowych odcinków długości fali, to impedancja ziemi odniesienia będzie duża, a prąd  $I_3$  można zlekceważyć. W tym przypadku prądy  $I_1$  i  $I_4$  są sobie równe. Z drugiej strony, jeżeli droga prądów w.c.z. do ziemi jest równa krotności połówek długości fali, to impedancja ziemi odniesienia będzie mała, a prąd  $I_3$  będzie znaczny. Wpływa to na symetrię prądów w ramionach dipola i prowadzi do promieniowania linii zasilającej (fidera). W wielu przypadkach do „drogi” w.c.z. do ziemi wliczany jest sam kabel sieciowy zasilający TRX i kończy się na zerowym przewodzie domowej instalacji! Tak więc amplituda prądu  $I_3$  zmienia się wraz ze zmianą długości kabla zasilającego antenę poza zmianami impedancji pomiędzy połówką dipola (2) a ziemią. Pamiętać należy, że prądy  $I_1$  i  $I_2$  w linii zasilającej nie mogą powodować promieniowania nie tylko dlatego, że mają tę samą wielkość i przeciwny kierunek, ale też dlatego, że ich pola są ekranowane przez sam oplot kabla koncentrycznego. Tym niemniej, prąd  $I_3$  rzeczywiście prowadzi do promieniowania, a zewnętrzna warstwa ekranu koncentryka staje się kolejnym ramieniem dipola (3), który połączony jest równoległe z ramieniem (2).

Poniżej przedstawiony jest uproszczony rysunek opisujący tę sytuację – połączenie obu części promieniujących.



Jeśli prądy  $I_1$  i  $I_2$  nie oddziałują z innymi prądami, możemy (hipotetycznie) podłączyć generator w.c.z. bezpośrednio do wejścia anteny (dipola). O ile doprowadzenie energii w.c.z. do anteny przez kabel (żyła środkowa i wewnętrzna strona ekranu – przyp. tłum.), w tym przypadku, przestało nas obchodzić to zewnętrzna powierzchnia ekranu kabla może być przedstawiona jako przewód włączony pomiędzy połówką dipola (2) i ziemią. Nie zmieniliśmy w ten sposób układu elektrycznego, o ile prąd  $I_3$  także płynie do ziemi, ale teraz przez oddzielny przewód.

Wiemy, że w zależności od wysokości zawieszenia dipola, w rezonansie jego impedancja wynosi od  $50 \Omega$  do  $75 \Omega$  i ma charakter czysto rzeczywisty. Na częstotliwościach wyższych od rezonansowej oporność znacznie wzrasta – pojawia się składowa indukcyjna, a na częstotliwościach niższych od rezonansowej pojawia się składowa pojemnościowa. Impedancja każdego „półdipola” stanowi połowę impedancji całego dipola. Ponieważ odleglejszy koniec ramienia dipola (3) jest uziemiony, jego impedancja jest taka, jak zwartej linii przesyłowej z miejscem zwarcia w punkcie uziemienia. Dlatego, kiedy długość ramienia (3) dipola równa jest nieparzystej liczbie ćwiartek długości fali, jej impedancja ma maksimum takie, jak w przestrajonym równoległym obwodzie rezonansowym, a jego wartość osiąga  $2k\Omega$  ...  $3k\Omega$ . Jest to duża oporność włączona równoległe do ramienia (2) i nie wpływa na ogólną impedancję dipola. Jeżeli rzeczywista długość elektryczna ramienia (3) jest różna od ćwiartki długości fali (także nieparzystych długości będących krotnością ćwiartki fali), to przy zmianie jego fizycznej długości lub częstotliwości generatora, wejściowa oporność ramienia (3) obniża się i pojawia się reaktancja włączona szeregowo z opornością czynną. Ta reaktancja ma charakter indukcyjny kiedy długość zmniejsza się oraz charakter pojemnościowy kiedy długość ramienia zwiększa się. Jeżeli długość ramienia (3) równa jest krotności połowie długości fali, oporność będzie minimalna tak jak w szeregowym obwodzie rezonansowym (ale nie zerowa, poza promieniowaniem „półdipola” (3) i stratami w ziemi).

Tak więc, kiedy długość ramienia (3) istotnie różni się od nieparzystej liczby ćwiartek długości fali, składowe rzeczywiste i bierne równoległe połączonych ramion-półdipoli różnią się od takich

samych składowych ramienia-półdipola (1). Odpowiednio- inna będzie impedancja tych ramion-półdipoli, w przypadku gdzie ramię-półdipol (3) nie występuje.

Wracając do rys.21-1, dopiero teraz możemy zobaczyć, że bez baluna zmiana długości linii zasilającej antenę powoduje zmianę długości samej anteny (zmienia się długość ramienia (3)), która z kolei wpływa na impedancję wejściową fidera. Dlatego i SWR mierzony na wejściu linii zmienia się wraz ze zmianą długości tej linii, kiedy brak jest baluna „blokującego” prąd  $I_3$ . To zjawisko objaśnia niezbyt mądre stwierdzenia różnych krótkofalowców, którzy nie stosując BALUNA, naiwnie mówią, że można dostroić dipol przez zmianę długości linii zasilającej, a tym samym osiągnąć właściwy SWR.

Przy sprzężeniu niesymetrycznej linii zasilającej z symetrycznym obciążeniem (jakim jest dipol) pierwszorzędnym zadaniem baluna jest zablokowanie zewnętrznej drogi przepływu prądu pomiędzy wewnętrzną a zewnętrzną powierzchnią ekranu (oplotu) kabla koncentrycznego. W układzie z balunem prąd  $I_2$  nie rozplywa się w sposób, który powoduje powstanie  $I_3$ , tylko w całości płynie w stronę ramienia-półdipola (2). Jeżeli więc prąd  $I_3$  jest równy zeru, to  $I_4 = I_1$ , a prądy w ramionach dipola są sobie równe co oznacza, że są zbalansowane i symetryczne.

A teraz, po przedstawieniu w/w zaganienia, należy wyraźnie stwierdzić, że BALUN w punkcie zasilania anteny nie zabezpiecza przed „przeciekaniem” prądu na zewnętrzną stronę ekranu, jeżeli kabel koncentryczny z anteną połączony jest asymetrycznie. Odnosząc się do złożonej koncepcji Joe Reiser'ty - W1JR, (opublikowanej na jego stronach [82]), należy powiedzieć, że Joe nie poruszył problemu źródła zewnętrznego prądu [3]. Na jego rys.2 poświęconemu temu zagadnieniu, nie rzuca on światła na rolę baluna. W uzupełnieniu do jego opisu dot. rys.2 - kiedy prądy antenowe w linii zasilającej spowodowane są niesymetrycznym sprzężeniem z anteną, wówczas balun nie chroni przed tymi prądami, a tylko zmienia ich fazę i amplitudę.

*(Z powodu braku materiałów źródłowych [82] nie zamieszczono w/w rysunków – przyp. tłum.)*

#### **Rozdział 21. 4. Efekt niedopasowanego BALUNA.**

Teraz okazuje się być oczywistym, że otrzymanie dokładnych pomiarów impedancji dipoli jest zadaniem złożonym. Kiedy wykorzystujemy balun typu transformatorowego, nie można uniknąć błędów w ustaleniu prawidłowej impedancji związanych z prądem  $I_3$ , który skutecznie ją zafałszowuje. Dopóki ramię-półdipol (3) bocznikuje ramię (2) dipola, nie ma praktycznego sposobu ustalenia impedancji ramienia (3), a rzeczywista impedancja anteny i SWR nie mogą być wyliczone z danych pozyskanych w trakcie pomiarów [83].

Zwróćmy ponownie uwagę na rys.21-1. Przypomnijmy sobie, że dla dowolnej długości fizycznej linii zasilającej, elektryczna długość powierzchni po której płynie prąd  $I_3$  nie jest taka sama jak ta po której płyną prądy  $I_1$  i  $I_2$ . Zależy to od stałych dielektrycznych i współczynnika skrócenia, które są różne dla wewnętrznego i zewnętrznego dielektryka kabla. Przykładowo, dla polietylenu i teflonu współczynnik skrócenia wynosi (dla większości przypadków) 0,659...0,0695, dla spienionego polietylenu 0,75...0,81 (w zależności od ilości powietrza w materiale). Jeżeli zewnętrzna powierzchnia kabla koncentrycznego jest odkryta, to współczynnik skrócenia dla zewnętrznej powierzchni ekranu (po którym płynie  $I_3$ ) przybliży się do 0,95. Zwykle cienka zewnętrzna izolacja kabla (polwinit, teflon) zmienia współczynnik skrócenia do wartości trochę mniejszej od 0,95. Z praktycznego punktu widzenia prąd  $I_3$  nie jest czymś strasznym przy eksploatacji prostych dipoli w zakresie 160m ...40 m. Co więcej, nie jest on źródłem zakłóceń TV nawet jeżeli fider jest umieszczony bliżej anteny TV. Tym niemniej promieniowanie, którego źródłem jest zewnętrzny prąd fidera, może być źródłem silnego zniekształcenia charakterystyki kierunkowej anten typu Yaga czy kwadrat. Nie zważając na to, czy użyto dopasowania typu Gamma lub innego niesymetrycznego wejściowego urządzenia dopasowującego, wszystkie anteny kierunkowe z symetrycznym wejściem wymagają zastosowania baluna w celu osiągnięcia optymalnej charakterystyki przy zasilaniu kablem koncentrycznym. Jeżeli, przykładowo, nie użyjemy baluna to linia zasilająca i maszt będą niezależną anteną o polaryzacji pionowej. Maszt promieniując z niepożądaną pionową polaryzacją będzie deformował tylny listek promieniowania (jakby go „wypełniając”) pogarszając jednocześnie stosunek promieniowania „przód-tył”. Maszt będzie promieniował razem z fiderem, ponieważ prądy płynące po zewnętrznej powierzchni

ekranu kabla wzbudzą go przez sprzężenie z pasożytniczą indukcyjnością i pojemnością jaka jest pomiędzy linią zasilającą antenę a samym masztem.

## **Rozdział 21. 5. BALUN typu dławikowego.**

Wiele balunów przedstawia sobą taką lub inną formę transformatora dopasowującego. Alternatywą jest dławik w.cz. włączony w zewnętrzny przewód linii koncentrycznej. W ten sposób osiąga się wysoką impedancję dla prądu  $I_3$  bez wpływania na prądy płynące wewnątrz linii. Zaletą tej metody jest brak ograniczeń związanych z minimum SWR i doprowadzoną mocą. Nie ma też błędów związanych z transformacją impedancji, co jest przypisane balunom typu transformatorowego, bo nie ma on w sobie transformatora dopasowującego. Linia zasilająca antenę jest podłączona wprost do jej zacisków. Prosty balun typu dławikowego jest cewka (kilka zwoi) zrobiona z samego kabla koncentrycznego w miejscu podłączenia do anteny.

W zakresie częstotliwości 14...30 MHz należy nawinąć kilka zwoi o średnicy 5 ... 20 cm, żeby prawie całkowicie zablokować prąd  $I_3$  i zapobiec promieniowaniu linii zasilającej. Niestety nie da się zastosować tego typu dławika w zakresie poniżej 14 MHz. Wynika to z tego, że w celu otrzymania odpowiednio dużej indukcyjności dławika (do stłumienia prądu  $I_3$ ) użyjemy dużo kabla, który dodatkowo wprowadzi jeszcze tłumienie użytecznego sygnału.

Dławik z kabla koncentrycznego powinien być umieszczony bezpośrednio przy zaciskach anteny. Jeżeli tak nie będzie, tzn. cewka będzie umieszczona w pewnej odległości od zacisków, to doprowadzi to do sprzężenia tej części fidera z masztem, który z kolei jest połączony (sprzężony) z jednym z ramion anteny. Prowadzi to do utraty symetrii ze wszystkimi tego konsekwencjami (zniekształcenie charakterystyki kierunkowej, promieniowanie masztu).

Zakres częstotliwości baluna typu dławikowego (poniżej 2 MHz) można poszerzyć przez zastosowanie, zamiast cewki powietrznej, pierścienia ferrytowego o dużej przenikalności. Duża przenikalność ferrytu zapewni szybki wzrost indukcyjności, a przez to i oporności (reaktancji indukcyjnej) koniecznej do minimalizacji prądu  $I_3$  na małych częstotliwościach. Bardzo ważnym jest, żeby nie doprowadzić do nasycenia rdzenia przy zbyt dużej doprowadzonej mocy. Jest to bardzo poważny problem w balunach typu transformatorowego, chyba że wzbudzenie rdzenia następuje tylko od prądu  $I_3$ , a nie od dużych prądów zasilających antenę. Według mnie, Reiser wykonał swój „dławikowy” balun nawijając na pierścieniu ferrytowy Q1 (o przenikalności 125...400) 9 zwoi kabla koncentrycznego RG-141 dla zakresu 14...30 MHz [82]. Chociaż, wykonany przez niego inny, 12 „zwojowy”, balun dobrze pracował na częstotliwości 14 MHz i wyższych, to jego praca na tej częstotliwości mogła by być lepsza. Problem sprowadza się do „problemów technicznych” umieszczenia uzwojenia. Trudno jest nawinąć znaczną liczbę zwoi kabla koncentrycznego przewlekając go przez środek pierścienia, który niewiele zwiększa indukcyjność, żeby zablokować prąd  $I_3$ .

## **Rozdział 21. 6. W2DU – BALUN z ferrytowymi pierścieniami.**

Otrzymałem doskonałe rezultaty, wykonując balun typu dławikowego przez nanizanie ferrytowych pierścieni, o jeszcze większej przenikalności, na kabel koncentryczny linii zasilającej [84].

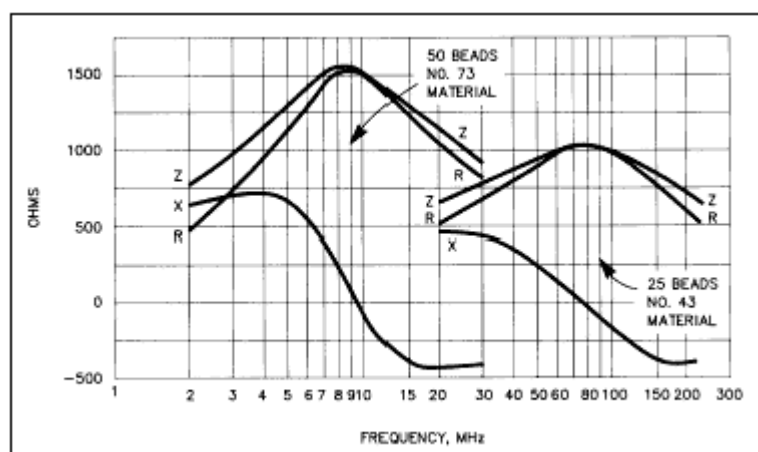
Do czytelnika: jeżeli chciałbyś zrobić sobie taki prosty balun, to możesz wykorzystać całą masę różnych ferrytów o różnych wielkościach i charakterystykach w.cz. Szybko rosnąca impedancja przewodnika przez dodanie do składowej rzeczywistej reaktancji indukcyjnej zwiększa szerokopasmowość baluna, nie zwiększając w nim strat. Impedancja zewnętrznej powierzchni kabla rośnie, praktycznie, proporcjonalnie z liczbą ferrytowych pierścieni nasuniętych na nią. Kombinacja 50  $\Omega$  kabla z teflonowym dielektrykiem RG-303 (lub RG-141 z usuniętą zewnętrzną izolacją) z ferrytowymi pierścieniami mającymi wewnętrzną średnicę 0,5 cm i długość 0,475 cm



daje doskonały małowymiarowy szerokopasmowy balun. Nie mając wpływu na wewnętrzne przewodniki koncentryka (tzn. żyłę środkową i wewnętrzną stronę ekranu koncentryka – przyp. tłum.) ten ferrytowy „wyrób” daje wysoką impedancję na zewnętrznej powierzchni ekranu kabla. Ta kombinacja (ferryt + kabel koncentryczny) efektywnie izoluje zewnętrzny zacisk wyjściowy na powierzchni ekranu (punkt podłączenia ekranu kabla do jednego z ramion dipola – przyp. tłum.) od zewnętrznego zacisku wejściowego na tej samej powierzchni.

Wykonałem doświadczalną konstrukcję baluna złożoną z 300 pierścieni (o przenikalności 2500...4000), nawlekając je na odcinek kabla koncentrycznego RG-303. Impedancja zewnętrznego przewodnika kabla wynosiła  $4500 + j3800 \Omega$  na 4 Mhz;  $15,6 + j13,1 \Omega$  dało zastosowanie jednego pierścienia. Praktyczne konstrukcje pracujące w zakresie częstotliwości 1,8...30 Mhz (o długości mniejszej niż 30 cm, włączając w to łącznik) wykorzystują 50 pierścieni (Amidon Fb-73-2401 lub Certified Communications 73 - W2DU). Dla zakresu od 30 MHz do 250 MHz wykorzystujemy 25 pierścieni o przenikalności 950...3000 (Amidon FB-43-2401 lub Certified Communications – W2DU). Pierścienie o przenikalności 250...375 należy wykorzystywać powyżej 200 Mhz, ale ja jeszcze z nimi nie eksperymentowałem. Długość kabla koncentrycznego powinna być dostatecznie długa do rozmieszczenia pierścieni i zarobienia końców w łącznikach.

Na rys.21-3 pokazane są pomierzone wartości oporności **R**, składowej biernej **X** i impedancji **Z** w zależności od częstotliwości na zewnętrznej powierzchni ekranu w balunie typu dławikowego dla 25 i 50 pierścieni.



Rys.21-3

Z takim balunem prąd  $I_3$  może nie być brany pod uwagę – jest bardzo mały w całym zakresie częstotliwości. Przy pełnej mocy dla tego typu baluna żadnych problemów nie ma, o ile kabel jest w stanie przenieść dla CW 3,5 kW dla 50 MHz i 9 kW dla 10 MHz [87]. Jakikolwiek nadające się gniazdo (wtyczka), które można wykorzystać do podłączenia z obciążeniem, może być wykorzystane jako wyjście linii zasilającej. Jako wyprowadzenia dla symetrycznego obciążenia mogą być „ogonki” zrobione z centralnej żyły i ekranu kabla baluna. Sposób podłączenia baluna z anteną pozostawiam pomysłowości czytelnika.

Żeby podkreślić prostotę dopasowania (zastosowania) danego baluna z anteną UKF i przewagą w porównaniu z kapryśnym wąskopasmowym ćwierćfalowym balunem – wystarczy nasunąć przed podłączeniem anteny kilka ferrytowych pierścieni. To wszystko !

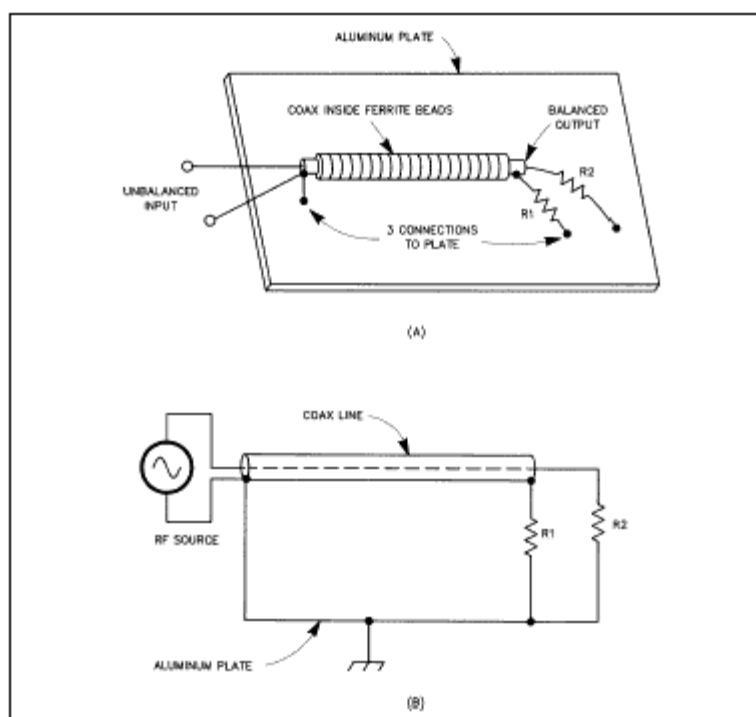
## Rozdział 21. 7. Analiza BALUNÓW prądowych i napięciowych.

Roy Lewallen, W7EL dokonał efektywnej analizy i przeprowadził kontrolę ich symetrii w różnych rozwiązaniach układowych zarówno z wykorzystaniem baluna typu dławikowego jak i transformatorowego [118]. Jego analiza pokazuje, że „dławikowe” baluny okazują się być balunami prądowymi. Natomiast baluny transformatorowe o przełożeniu 4:1 z uzwojeniem bifilarnym i baluny 1:1 z uzwojeniem trifilarnym okazują się być balunami napięciowymi.

Wszystkie baluny, z którymi ja się spotkałem (za wyjątkiem baluna W2DU z pierścieniami ferrytowymi, który był balunem prądowym), o przełożeniu 1:1 dostępne na rynku (produkcji fabrycznej) mające trifilarne uzwojenie transformatorowe okazały się być w istocie – balunami napięciowymi. Lewallen określił analitycznie, że baluny prądowe zapewniają równe prądy w obu połówkach (ramionach) dipola, niezależnie od tego czy impedancje obu połówek są równe czy nie. Z drugiej strony, baluny napięciowe zapewniają tylko równe napięcia na obu połówkach tego dipola nie zabezpieczając równych prądów jeżeli impedancje tych połówek są różne. Jego eksperymenty pokazują, że baluny prądowe typu dławikowego zapewniają lepsze wyrównanie prądów (balans) w dipolu i najmniejszy przepływ prądu asymetrii w linii zasilającej. Prace Lewallen'a rzeczywiście rzucają więcej światła na pracę i zastosowanie balunów. Badania przeprowadzone przez Dr. John (Jack) Belrose, VE2CV, w całej rozciągłości potwierdzają wywody Lewallen'a, które są opisane w rozdziale 21.10. W uzupełnieniu pracy Lewallen'a, Sabin także przeprowadził dokładną analizę, dotyczącą działania elektrycznego i magnetycznego pola przy pracy z balunem prądowym 1:1 oraz przeprowadził eksperymenty, które potwierdziły słuszność wywodów Lewallen'a.

## Rozdział 21. 8. Kontrola symetrii prądów wyjściowych w BALUNIE prądowym.

Jak zauważono powyżej, balun z ferrytowymi pierścieniami jest balunem prądowym. Zastosowałem prosty sposób potwierdzający ów fakt, że określony balun – prądowy, określa stopień balansu (zrównoważenia) prądów pomiędzy symetrycznymi wyjściowymi wyprowadzeniami. Jak pokazano na rys. 21-4a, balun zmontowany jest na aluminiowej płytce (o wymiarach ok. 30x30 cm) z uziemionym (podłączonym do niej) ekranem.



Rys.21-4 a,b

Wyjścia baluna, centralna żyła i ekran, podłączone są do aluminium przez rezystory  $R_1$  i  $R_2$ , jak na rys. 21-4a. Na rysunku 21-4b pokazany jest schemat zastępczy eksperymentalnego urządzenia. Po podaniu napięcia na niesymetryczne wejście mierzymy napięcie na rezystorach  $R_1$  i  $R_2$  za pomocą woltomierza w.cz. (ja wykorzystałem Hewlett – Packard 410B). Jeżeli oba rezystory mają jednakowe oporności to pojawią się na nich jednakowe napięcia. Wniosek – przez rezystory płynie jednakowy prąd, co oznacza, że wyjście jest symetryczne. Nie zwracając uwagi na jednakowe prądy mamy do czynienia z symetrycznym – względem napięcia – wyjściem. Nie oznacza to jeszcze, że mamy do czynienia z balunem prądowym. Możemy to potwierdzić (że mamy do czynienia z balunem prądowym) jeżeli pokażemy, że równe prądy

płyną także wtedy jeżeli  $R_1 \neq R_2$ . Rzeczywiście, jest to przypadek, przy którym w tym balunie napięcia pojawiające się na tych niejednakowych obciążeniach ( $R_1 \neq R_2$ ) są wprost proporcjonalne do ich wartości, a prądy są w nich równe. Przykładowo, weźmy oporności obciążeń równe  $50 \Omega$  i  $100 \Omega$ , a napięcie wejściowe ustawmy na taką wartość, że na oporniku  $50 \Omega$  będzie napięcie równe  $1V$ , a na oporniku  $100 \Omega$  napięcie wyniesie  $2V$ . Według prawa Ohma w obwodach rezystorów obciążających  $R_1$  i  $R_2$  płyną jednakowe prądy niezależnie od ich różnych impedancji. Pierścienie ferrytowe „robią swoje” – izolują obwody wyjściowe od wejściowych od zewnętrznego przewodnika linii koncentrycznej. Dzieje się tak, przez wprowadzenie wysokiej impedancji pomiędzy nimi, która dopasowuje symetryczne wyjście z niesymetrycznym wejściem. Jeżeli macie wątpliwości co do obliczeń, miejcie na uwadze, że jeżeli pierścienie nie wniosą dużej szeregowej oporności do zewnętrznej powierzchni oplotu (ekranu) kabla koncentrycznego, to rezystor obciążający  $R_1$  na rys. 21-4 zostanie zwarty niską opornością zewnętrznego przewodnika (zewnętrzna warstwa oplotu – przyp. tłum.) i małą opornością obwodu „ziemi”. Wówczas napięcie na tym obciążeniu będzie równe zeru.

## Rozdział 21.9. BALUNY we współpracy z tunerami antenowymi (ATU).

*(Tuner antenowy - rozumiany jako urządzenie pozwalające dopasować wejściową impedancję anteny z impedancją fidera – przyp. tłum.)*

W celu otrzymania symetrycznego wyjścia umożliwiającego podłączenie linii drabinkowej, konstruktorzy ATU przyjęli umieszczać na jego wyjściu balun. We wszystkich tunerach, które znam, wykorzystywany był balun typu transformatorowego 4:1. Były to baluny napięciowe nawinięte na pierścieniach ferrytowych. Niestety, obwód wyjściowy nie jest najlepszym miejscem dla takiego położenia baluna. Dlaczego? Zaraz to objaśnię. Dalej, balun napięciowy „przegrywa” z balunem prądowym w uzyskaniu symetrycznych prądów w fiderze. W rozdziale 21.10 wyjaśniono, że dla symetrycznego fidera idealnym umiejscowieniem baluna jest wejście ATU, a zastosowany powinien być balun prądowy typu dławikowego, na przykład balun W2BU.

Prześledźmy teraz niektóre problemy powstałe przy stosowaniu baluna typu transformatorowego, wykonanego z użyciem rdzenia (pierścienia) ferrytowego i umieszczonego na wyjściu ATU. Rdzeń takiego baluna powinien być obliczony z uwzględnieniem pełnego strumienia magnetycznego wzbudzonego prądem obciążenia. Taki rdzeń może ulec nasyceniu, a kiedy tak się stanie, wówczas dojdzie do zniekształcenia wyjściowego sygnału w.cz. i pojawią się jego harmoniczne. Beztransformatorowy balun typu dławikowego, wykonany jako cewka powietrzna z kabla koncentrycznego lub z odcinka kabla z nanizanymi na niego ferrytowymi pierścieniami – nie ma rdzenia, a zatem – nie ma co się nasycać. Poza tym, przez zewnętrzne pierścienie ferrytowe nie płynie strumień magnetyczny powstały od prądu płynącego przez obciążenie. Pierścienie są obliczane tylko w stosunku do prądu  $I_3$  płynącego przez zewnętrzną powierzchnię ekranu. Jest on znacznie osłabiony przez wysoką oporność ferrytowego dławika, a więc i strumień magnetyczny też jest niewielki. Taki balun nie generuje też harmonicznych.

Innym problemem, który powstaje przez stosowanie balunów napięciowych typu transformatorowego jest rozkład pojemności pomiędzy zwojami, która wpływa na balans prądów w obwodzie symetrycznego wyjścia, zasilającego symetryczny fider. Wejściowa impedancja symetrycznej linii może się zmieniać od małej do bardzo wysokiej, mając zwykle składową reaktancyjną. Im większa jest wejściowa impedancja anteny i czym wyższa częstotliwość pracy, tym większy jest efekt utraty symetrii spowodowany między-uzwojeniową pasożytniczą pojemnością. Z drugiej strony, utrata symetrii prądów na wyjściu dla baluna z pierścieniami ferrytowymi jest znikomo mała i może nie być uwzględniana. Inną niepożądaną właściwością baluna 4:1 wykonanego z użyciem pierścienia ferrytowego i umieszczonego na wyjściu ATU, może być możliwość jego zniszczenia w trakcie przeciążenia baluna przy pracy z pełną mocą z wysokim SWR – duża wejściowa impedancja zawierająca dużą reaktancję. Dalej, kolejne ograniczenia baluna 4:1 to wnoszone przez niego duże straty. Typowy poziom tłumienia, dla tego typu baluna, mieści się w przedziałach  $0,5 \text{ dB}$  na częstotliwości  $2 \text{ MHz}$  i wzrasta do  $2 \text{ dB}$  na częstotliwości  $30 \text{ MHz}$ . Dla porównania, straty w balunie W2DU mieszczą się w zakresie  $0,1 \dots 0,2$



dB w całym zakresie KF, dlatego że jedyne straty powstają w odcinku linii koncentrycznej o długości ok. 27 cm.

## **Rozdział 21.10. Położenia BALUNA na wejściu tunera antenowego.**

Co najmniej trzech autorów opublikowało artykuły, w których przekonują do umiejscowienia baluna na wejściu ATU, z przyczyn, które opisałem wyżej. Koniec końców zrobiono to dla tego, żeby w przyszłości tunery mogły być konstruowane we właściwy sposób. Tymi autorami są: John Belrose, VE2CV [ 132 ], Albert Roehm, W2OBJ [ 127 ] i Richard Measures, AG6K [ 133 ]. Belrose (w 1981 roku) opublikował schemat symetrycznego dopasowania typu „T” zasilanego przez balun 4:1. Measures wykorzystuje symetryczne dopasowanie typu „L” zasilane przez dławik 1:1 lub balun prądowy zrobiony ze zwiniętego kabla koncentrycznego (części fidera). Żeby pokryć zakres od 1,8 MHz do 30 MHz, jego balun był nawinięty (ok. 6,5 m) na rurę z tworzywa sztucznego o średnicy ok. 12,5 cm. W celu zmniejszenia ciężaru (i gabarytów) całej konstrukcji balun można wykonać tak, jak to zrobił W2DU, czyli naniząć pierścienie ferrytowe na odcinek kabla koncentrycznego o długości ok. 6,5 m. Jest to powtórzenie konstrukcji Roehma z jego artykułu. Tego typu rozwiązania stosowane przez Roehma i Measuresa, czyli balun na wejściu tunera antenowego, dały doskonałe rezultaty.

Chciałbym jeszcze odnieść się do pracy Johna (Jack) Belrose, VE2CV [132]. Jack jest technicznym konsultantem ARRL i jest znany wśród krótkofalowców ze swoich eksperymentów w obszarze techniki antenowej. Jakiś czas temu był dyrektorem laboratorium łączności Departamentu Komunikacji rządu Kanady. Jack prowadził eksperymenty dotyczące poszerzenia pasma pracy dipoli, a wyniki swojej pracy opublikował w QST [134]. Jego antena była asymetryczna w odniesieniu do impedancji, rozpatrywanej w stosunku do każdego przewodu, symetrycznej linii zasilającej. Koniec końców odkrył, że przy zasilaniu symetrycznego ATU balunem napięciowym 4:1 prądy w każdym przewodzie fidera silnie się różnią. Zamienił ten balun na fabryczny balun W2DU i powtórzył pomiary. Ku jego wielkiemu zdziwieniu odkrył, że prądy w symetrycznej linii zasilającej są idealnie równe. Fider Jack’a był wykonany z dwóch równoległych linii koncentrycznych, których ekrany były ze sobą połączone i uziemione z tunerem. Centralne żyły były wykorzystane jak zasilająca linia symetryczna. Jednym słowem – była to zasilająca ekranowana linia symetryczna.

Pomiary Jack’a pokazały też, że kiedy wykorzystywany był balun napięciowy to prąd na zewnętrznych przewodnikach był duży i zmieniał się w szerokim przedziale w zakresie częstotliwości 2...30 MHz, co świadczyło o słabej symetrii. Przeciwnie rzecz się miała z balunem prądowym W2DU – prąd na zewnętrznych przewodnikach był bardzo mały (i praktycznie niezmienny) w całym zakresie częstotliwości, zapewniając dobrą symetrię. Pomiary Jack’a wywarły na mnie duże wrażenie, potwierdzając moje badania – balun prądowy W2DU rozwiązuje wiele problemów związanych ze stosowaniem balunów typu transformatorowego, które opisałem powyżej.

Jack przedstawił też wykresy balunów, na których porównał impedancję wejściową i tłumienia w zależności od częstotliwości : na ferrytowym toroidalnym rdzeniu i W2DU. Wykresy także potwierdzają moje wywody. Pokazują ogromną przewagę wykorzystywania pierścieni ferrytowych nasuwanych na kabel, tworząc balun prądowy, nad balunem typu transformatorowego nawiniętego na ferrytowe pierścieniu. Jack wykazał także, unikalną możliwość zrobienia baluna prądowego 4:1 poprzez wykorzystanie dwóch balunów W2DU, łącząc je równolegle na wejściu i szeregowo na wyjściu.

## QRP 1 : BALUN prądowy do wykorzystania w warunkach polowych. ( by Tom Hammond, NØSS )

W tym przykładzie określenie „balun” nie bardzo pasuje. W rzeczywistości jest to „koncentryczny dławik w.cz.” z wykorzystaniem pierścieni ferrytowych, który daje taki sam rezultat jak balun prądowy 1:1. Otrzymujemy efektywny filtr w.cz na zewnętrznej powierzchni kabla linii zasilającej, co może okazać się „kołem ratunkowym” dla nie zawsze symetrycznej anteny, z którą krótkofalowcy mają najczęściej do czynienia.

Do wykonania tego baluna wykorzystałem 35 ferrytowych pierścieni Amidon Associates (FB-73-2401, zew. średnica 1 cm, wew. średnica - 0,5 cm) po pięć sztuk w siedmiu grupach (jak na zdjęciu poniżej) umocowanych na odcinku kabla koncentrycznego RG-174 o długości 38 cm. Należy pamiętać o zabezpieczeniu przed przesuwaniem się pierścieni. Pomiedzy grupami pierścieni zachowano odstęp ułatwiający zwijanie baluna.

Jako ferrytów można użyć pierścieni różnych producentów i typów.



Pierścienie tego typu mogą być nawleczone także na kabel RG-58/U (300 W) i RG-141/RG-142 Teflon® (1,5 kW) żeby móc wykonać baluny prądowe 1:1 dla dużych mocy.

**Swobodny przekład z angielskiego В.Беседин ( UA9LAQ ), Tiumen, luty 2002 r.**  
[ua9laq@mail.ru](mailto:ua9laq@mail.ru)

*P.S. Spis wykorzystanej literatury znajduje się na oryginalnej stronie. W nawiasach kwadratowych podano tylko odsyłacze.*

Źródło : <http://cqham.ru/balun4.htm>

Tłumaczenie : SP1VDV

[sp1vdv@wp.pl](mailto:sp1vdv@wp.pl)