

Tłumaczenie artykułu "Don't Blow Up Your Balun" z QST journal of ARRL 06/2015.

Uwaga wstępna: W tłumaczeniu poniżej występują trzy rodzaje linii transmisyjnej (fiderowej):

1. Kabel koncentryczny.
2. Kabel płaski 450 Ω z wciętymi w izolacji okienkami, nazywany okienkowym lub drabinką okienkową. Jest dostępny komercyjnie i powszechnie stosowany przez krótkofalowców w USA.
3. Płaski fider symetryczny z gołych drutów ϕ 2 mm, z rozpórkami 15 cm, wykonany domowo, który wygląda jak drabina, ale nie jest tak nazywany. Nazwa ta jest zarezerwowana dla wspomnianego w pkt. 2 kabla okienkowego.

Nie rozsądź twojego baluna

Skorzystaj ze spojrzenia w głąb zagadnień poniżej, by udoskonalić twoje anteny na zwody Polny Dzień ARRL.

Autor: R. Dean Straw, N6BV, Starszy Edytor Techniczny, ARRL, emeryt

Szło mi dobrze w zawodach DX-owych. Zbierałem mnożniki na dolnych pasmach z rejonu Oceanii o wschodzie słońca. Był czas na otwarcie się wyższych pasm. Szybko przełączyłem na pięcioelementową Yagi na pasmo 10 metrów, znalazłem czystą częstotliwość i nacisnąłem F1, by zawołać „cq test”.

Byłem przerażony, gdy zobaczyłem, że mój nadajnik i kilowatowy wzmacniacz jest nadal na 40 metrach. Miernik SWR wybił duże niedopasowanie. Przestałem natychmiast nadawać. Było jednak za późno. Balun w 10-metrowej Yadze został usmażony.

W tym artykule, przeanalizuję obciążenia różnych części twojego systemu antenowego (antena + fider + tuner + balun + ...) tak, byś mógł wybrać najlepszy wariant.

Prądy wspólne i różnicowe

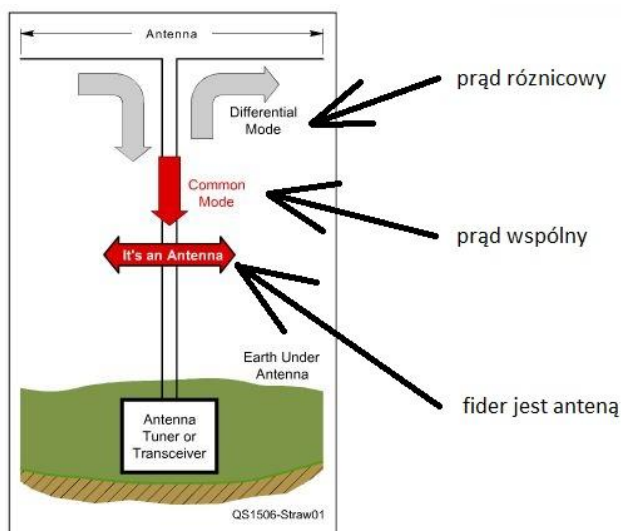


Figure 1 — Common-Mode vs. Differential-Mode currents. [Image source courtesy of Jim Brown, K9YC]

Rysunek nr 1 pokazuje prosty półfalowy dipol zasilany symetryczną linią dwuprzewodową. W takim systemie antenowym występują dwa rodzaje prądów w.cz.: różnicowe i wspólne. Prąd różnicowy płynie w jednym kierunku, w jednym przewodzie linii transmisyjnej i w przeciwnym kierunku na drugim przewodzie linii. Prąd różnicowy jest tym pożądanym w systemie antenowym, ponieważ przenosi moc z nadajnika i tunera antenowego w pomieszczeniu radiostacji do anteny na zewnątrz, gdzie zostaje wypromieniowana.

Niepożądanym prądem w.cz. na rys. 1, jest prąd wspólny, który płynie w tym samym kierunku w obu przewodach linii transmisyjnej. Prąd wspólny spowodowany jest asymetrią w samym dipolu, pochodzącą od nierównej długości ramion, albo niewielkich różnic terenu pod oboma ramionami dipola. Prąd wspólny wystąpi także z powodu prowadzenia linii transmisyjnej do pomieszczenia radiostacji niesymetrycznie w stosunku do ramion.

Gdy jako linii transmisyjnej używamy kabla koncentrycznego zamiast symetrycznej linii dwuprzewodowej, prąd wspólny płynie po zewnętrznej powierzchni ekranu koncentryka. Pożądanym prąd różnicowy płynie wewnątrz kabla w przeciwnych kierunkach, na zewnętrznej powierzchni żyły środkowej i na wewnętrznej powierzchni ekranu.

Prąd wspólny może podwyższyć szumy o dodatkowe błądzące w czasie odbioru oraz zdeformować charakterystyki kierunkowości przy nadawaniu i odbiorze. Jak możemy się pozbyć tego niepożądanego prądu wspólnego w liniach koncentrycznych i symetrycznych? Wtrącamy szeregowo w linię wysokiimpedancyjny dławik. Dławik tłumi niepożądany prąd wspólny i nie wpływa na pożądanym prąd różnicowy. Radioamatorzy często nazywają taki dławik prądowy balunem, ale jest bardziej sensownym myśleć o nim jak o dławiku prądu wspólnego.



Figure 2 — Some common-mode current chokes. [Jim Brown, K9YC, photos]

Rysunek nr 2 pokazuje trzy takie dławiki wykonane z kabla RG-213 (średnica 10,3 mm) lub RG-8X nawiniętego na rdzenie ferrytowe o dużej przenikalności magnetycznej. Dławik po prawej stronie jest wykonany bifilarnie z użyciem drutu emaliowanego #14 AWG (ϕ około 1,6 mm). Dławiki używające kabla RG-213 są zdolne przenieść 1,5 kW mocy przy maksymalnym SWR około 10:1. Wszystkie ww. dławiki mają impedancję rezystancyjną (czynną) powyżej 5000 Ω w zakresie częstotliwości trzech oktaf. Impedancja jest wystarczająco duża, by wyciąć prądy wspólne.

W dalszej analizie przyjąłem, że prąd wspólny został zredukowany do pomijalnej wartości przez dławik. Obciążenia elementów systemu antenowego będą większe, jeżeli impedancja dławika jest niewystarczająca.

Mimo to, szczególnie w warunkach wysokiego SWR, należy uwzględnić straty w dławiku pochodzące od prądu różnicowego. Długość koncentryka użytego na większe dławiki z rys. 2 wynosi 60 cm (2 stopy) na każdy zwój na ferrytach. Daje to razem 3 mb (10 stóp) dla pięciu zwojów kabla RG-213.

Z racji tego, że dławiki K9YC zarówno rozmiarem jak i kształtem odbiegają od stosowanych w tunerach antenowych, postanowiłem zamodelować bardziej reprezentatywny dławik/balun z użyciem wysokotemperaturowego kabla teflonowego RG-303, który może być nawinięty ciaśniej niż RG-213 z izolacją polietylenową, która się łatwo topi od przegrzania. Do mojej analizy obciążeń w tym artykule przyjąłem całkowitą długość kabla 180 cm (6 stóp) w postaci pięciu zwojów nawiniętych na trzech rdzeniach ferrytowych typu 31 o średnicy zewnętrznej 6 cm (2,4 cala).

W pogoni za prostą wielopasmową anteną

Wielu krótkofalowców chce pracować na wszystkich pasmach KF używając prostej wielopasmowej anteny, która nie przyciąga uwagi sąsiadów. Dipol zasilany niskostratną linią transmisyjną, taką jak dwuprzewodowa linia symetryczna lub niskostratny koncentryk, wydaje się, przynajmniej na pierwszy rzut oka, być w tym celu bardzo atrakcyjny. Problem z prostym dipolem jest tego rodzaju, że jego impedancja w punkcie zasilania zmienia się bardzo w funkcji częstotliwości.

Frequency	Feed-Point Impedance
1.83 MHz	$1.6 - j2257 \Omega$
3.8 MHz	$10.3 - j879 \Omega$
7.1 MHz	$64.8 - j40.6 \Omega$
10.1 MHz	$21.6 + j648 \Omega$
14.1 MHz	$5287 - j1310 \Omega$
18.1 MHz	$198 - j820 \Omega$
21.1 MHz	$103 - j181 \Omega$
24.9 MHz	$269 + j570 \Omega$
28.4 MHz	$3089 + j774 \Omega$

Tabela 1 pokazuje zmiany impedancji w punkcie zasilania w funkcji częstotliwości dla typowego dipola zaprojektowanego na pasmo 40 metrów o długości 20 m 13 cm (66 stóp) zainstalowanego jako inverted V (i-V) przy wysokości wierzchołka 15 metrów nad ziemią (50 stóp). Przyjęto przeciętne parametry gruntu: stała przenikalności elektrycznej 13 i przewodność 5 mS/m. Zauważ, że tak jak należało się spodziewać po tej długości dipolu, antena jest blisko rezonansu na 7,1 MHz. Na drugiej i czwartej harmonicznej częstotliwości podstawowej, czyli 14,1 i 28,4 MHz, impedancja w punkcie zasilania wzrasta do, robiących wrażenie, dużych wartości. Impedancja na drugiej podharmonicznej, czyli w paśmie 80 metrów, jest także trudna, co zostanie dowiedzione później.

Przykład 1: Wróćmy do starych dobrych lat

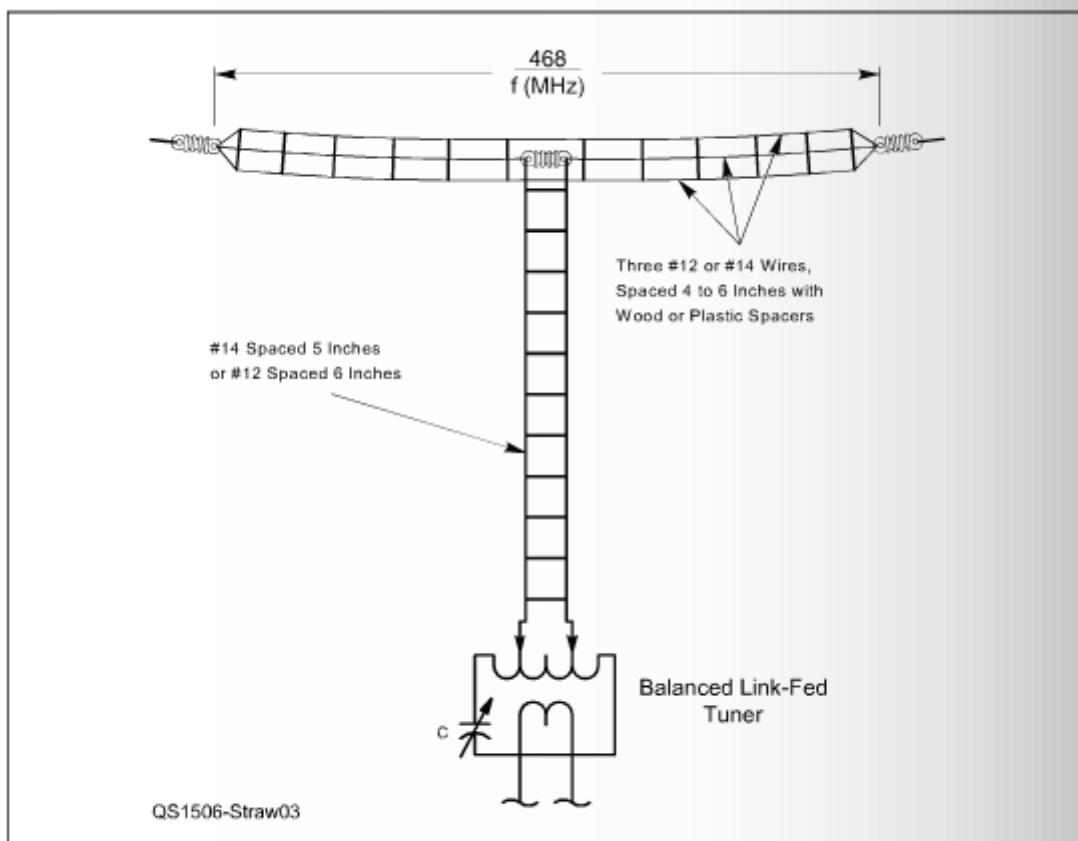


Figure 3 — Back in the good old days, a flattop multi-wire dipole fed with homemade open-wire transmission line, using #12 AWG conductors separated by paraffin-coated insulators.

Rysunek nr 3 pokazuje wieloprzewodowy płaski dipol zasilany wykonanym własnoręcznie w domu fiderem z gołego drutu #12 AWG (ϕ około 2 mm) z rozpórkami 15 cm (6 cali). Była to pospolita antena w dawnych latach trzydziestych. Zrównoważony (symetryczny) tuner anteny znajduje się w pomieszczeniu radiostacji, do której jest podłączony linkiem.



Figure 4 — A Johnson Match-box balanced-line antenna tuner from the 1950s. [Hank Garretson, W6SX, photo]

Rysunek nr 4 pokazuje typowy fabryczny tuner zasilany linkiem. Jest to słynny E.F. Johnson Matchbox bardzo ceniony przez kilka pokoleń krótkofalowców po II wojnie światowej. Piękno tego rozwiązania polega na tym, że nie ma ono wnoszącego straty baluna wewnątrz obszernej obudowy a podzespoły są kobyliste i mało stratne. Wada tego rozwiązania to mniejszy zakres impedancji, które może ono dopasować w porównaniu do współczesnych topologii układów dopasowujących przypominających kształtem filtr górnoprzepustowy typu T. Mniejszy nie znaczy jednak mały.

Analiza strat, która nastąpi, została wygenerowana z użyciem programu TLW (Transmission Line for Windows), który jest na płycie CD-ROM dołączonej do ostatniego wydania The ARRL Antenna Book. Wśród programów do fiderów i tunerów program TLW ma opinię szwajcarskiego szczyryka wojskowego (Swiss Army Knife – szczyryk wyposażony w różne narzędzia – w USA synonim precyzji i uniwersalności podobnie jak szwajcarski zegarek jest synonimem punktualności).

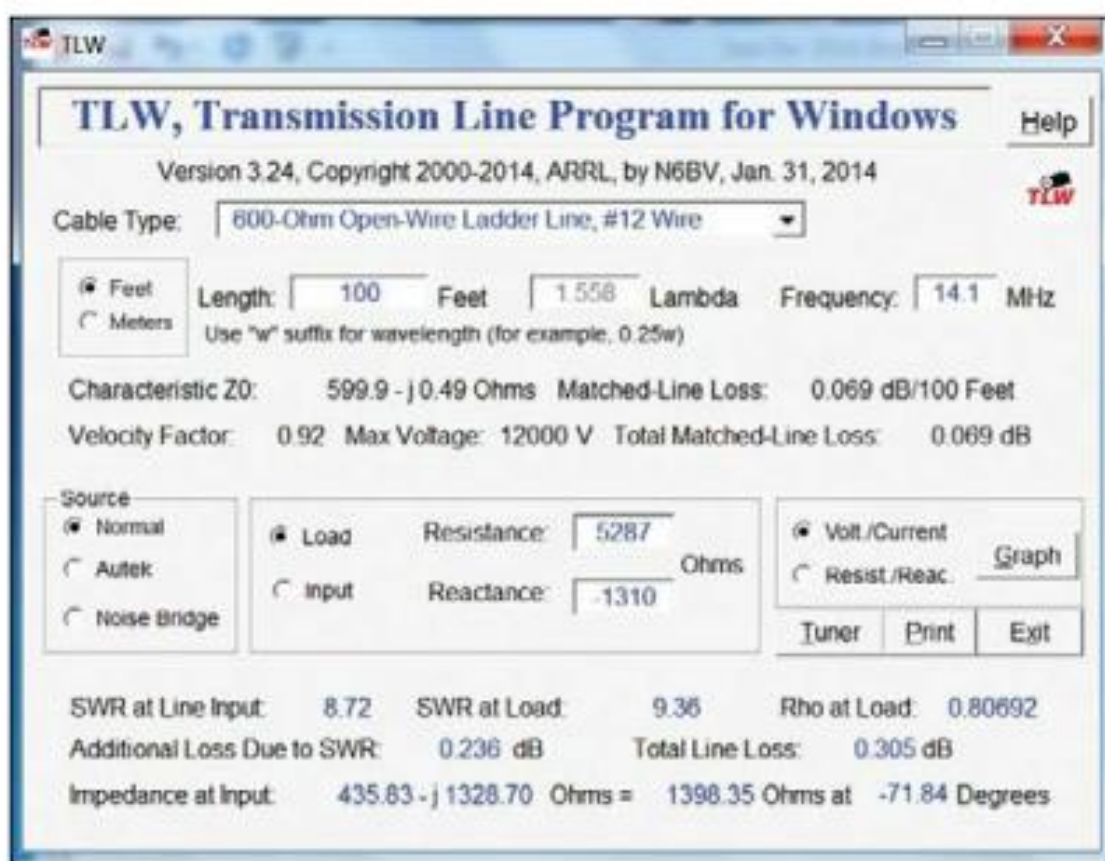


Figure 5 — TLW main window showing 100 feet of open-wire #12 AWG line feeding a 40 meter inverted V dipole at 14.1 MHz. The SWR at the antenna feed point is 9.36:1 and the impedance at the input of the transmission line is $435.83 - j1328.70 \Omega$. The total line loss is 0.305 dB.

Rysunek 5 pokazuje zrzut ekranu z programu TLW dla linii transmisyjnej z gołych drutów #12 AWG (ϕ około 2 mm) z rozpórkami, zasilającej dipol inverted-V zaprojektowany dla 40 metrowego pasma na częstotliwości 14,1 MHz. Impedancja charakterystyczna tej linii wynosi 600 omów, długość 30 mb (100 stóp), a gdy jest dostrojona jej tłumienie wynosi 0,069 dB, co jest ewidentnie bardzo małą wartością.

Przez cały artykuł będę używał fidera o długości 30 mb.

Na rysunku 5 linia nie ma obciążenia 600Ω a widzi impedancję w punkcie zasilania anteny o wartości $5287 - j1310 \Omega$ na 14,1 MHz. SWR ma wartość 9,36:1. SWR podwyższa sumaryczne straty w linii do 0,305 dB. Impedancja widziana na dole 30-metrowej linii wynosi $435,8 - j328,7 \Omega$.

By określić przybliżone straty w tunerze użyjemy prostego modelu układu dopasowującego typu L z programu TLW.

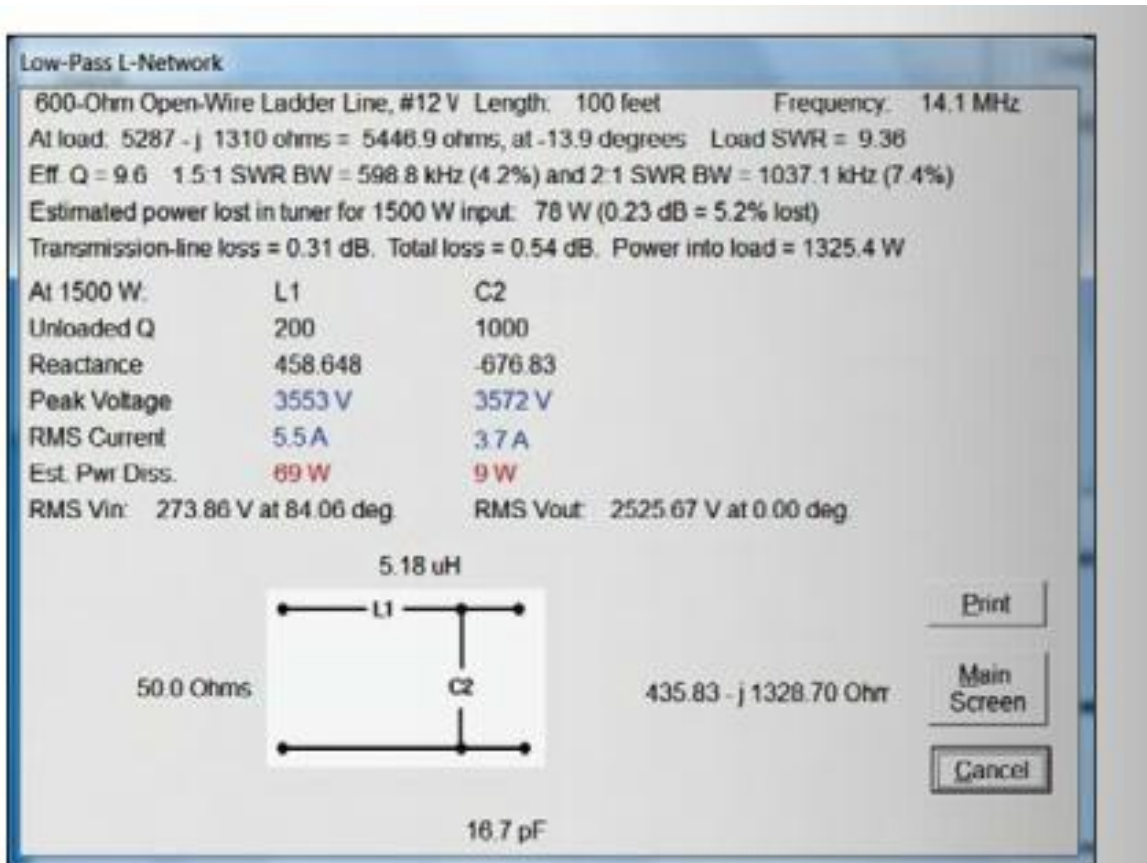


Figure 6 — Low-pass L network, modeled using TLW, simulates a Johnson Matchbox matching the $435.83 - j1328.70 \Omega$ impedance to 50Ω . The loss in the tuner network is 0.23 dB, which is 78 W for 1500 W input to the tuner. The loss in the tuner's inductor is 69 W for an inductor unloaded Q of 200.

Rysunek nr 6 przedstawia układ L, który dopasowuje impedancję $435,8 - j328,7 \Omega$ do 50Ω . Straty w podzespołach tunera wynoszą około 0,23 dB, tj. 78 W, z czego 69 W w cewce i 9 W w kondensatorze. Może cię trochę zaskakiwać, że w kondensatorze są straty, ale jest to typowe dla kondensatorów zmiennych z mechanicznymi stykami szczotkowymi.

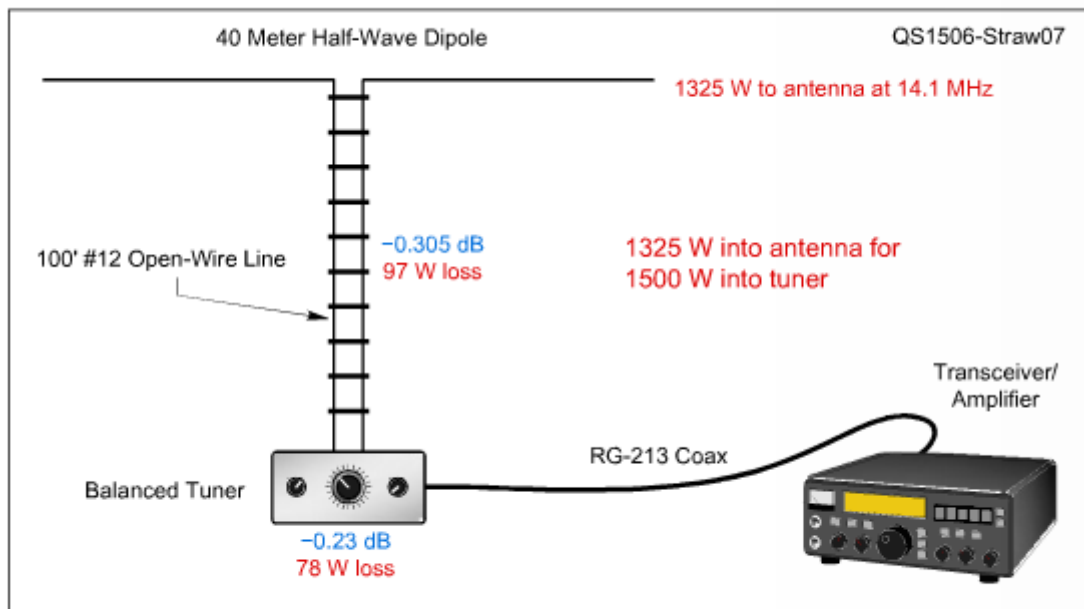


Figure 7 — Power losses in the antenna setup of Figure 5. The antenna receives 1325 W for 1500 W input to the balanced antenna tuner, such as a Johnson Matchbox.

Rysunek nr 7 przedstawia straty i poziomy impedancji w całym systemie. Straty w linii wynoszą 97 W. Z 1500 W mocy w.cz. podanej do tunera antenowego, do punktu zasilania anteny, czyli do wypromieniowania, dostarczonych jest 1325 W.

Przykład 2: Symetryczny tuner z balunem na wejściu

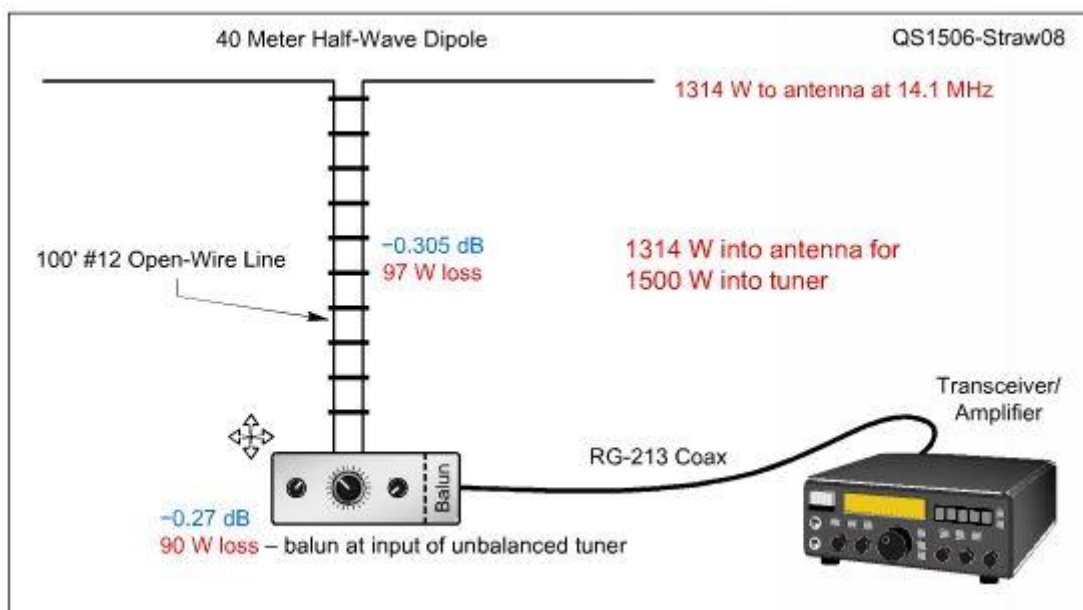


Figure 8 — Power losses when an unbalanced antenna tuner network is isolated from ground using a common-mode choke balun at its input. The efficiency of the input balun is high because it is being operated into the 50 Ω for which it is designed. The net power reaching the antenna is 1314 W, compared to the 1325 W for the Johnson Matchbox used in Figure 7.

Rysunek nr 8 pokazuje zestaw dla linii z gołych drutów #12 AWG (ϕ około 2 mm), długości 30 mb podłączonej do tunera symetrycznego w układzie filtra górnoprzepustowego, z 50-omowym dławikiem prądu wspólnego na wejściu tunera. Zauważ, że jest to inaczej niż w większości rozwiązań, które umieszczają dławik/balun prądu wspólnego na wyjściu tunera, gdzie poziom impedancji, które dławik widzi, zmienia się dramatycznie pod wpływem parametrów anteny, długości linii transmisyjnej i częstotliwości roboczej.

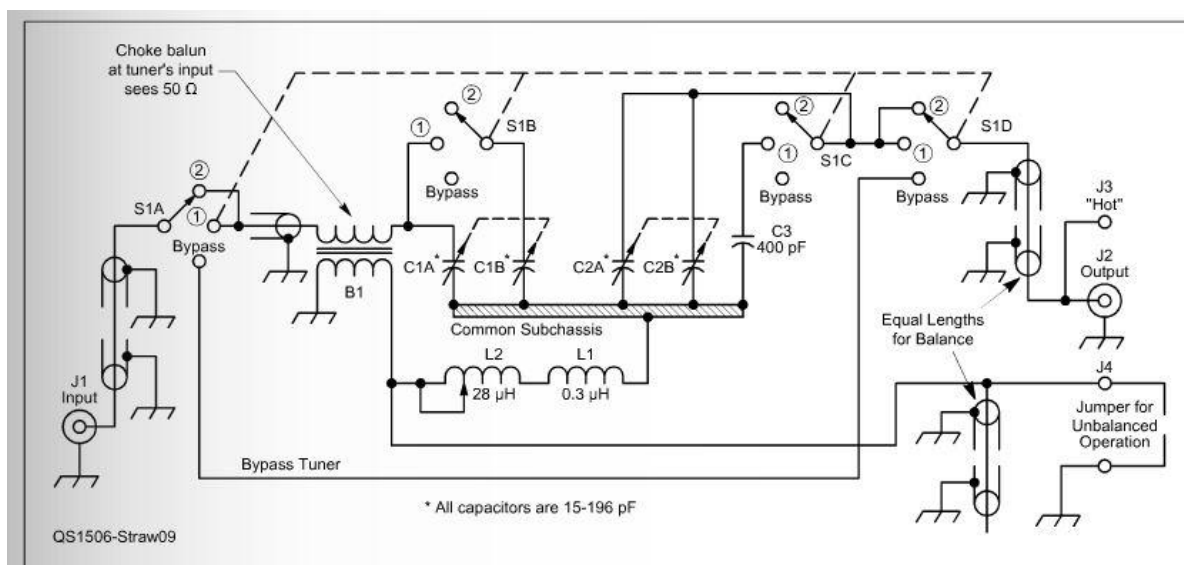


Figure 9 — Schematic for the high-power antenna tuner in *The ARRL Antenna Book*, which uses an unbalanced high-pass T network with a current-mode choke balun B1 at its input.

Rysunek nr 9 przedstawia schemat tunera dużej mocy, który jest publikowany od 15 lat w *The ARRL Antenna Book*. Dławik prądu wspólnego oznaczony B1 znajduje się po lewej stronie schematu. Odizolowany od masy niesymetryczny układ dostrajający z balunem/dławikiem na wejściu tunera jest konstrukcją bardziej złożoną niż wariant z balunem/dławikiem na wyjściu, gdzie taka izolacja jest niepotrzebna. Jednak użycie dławika B1 pracującego na impedancję 50 Ω, na którą jest on zaprojektowany, jest warte tej komplikacji.

Straty w dławiku zostały wyliczone na około 15 W z sumarycznych strat w całym tunerze z dławikiem około 90 W. Jest to nieznacznie więcej niż w skrzynce antenowej Johnson Matchbox z przykładu nr 1, gdzie było wyliczone 75 W. Moc dostarczona do anteny w tej konfiguracji wynosi 1314 W z 1500 W na wejściu tunera.

Mimo, że dławik prądu wspólnego jest dużym ferrytem, możemy w rozważaniach wyobrazić go sobie jako przesuwalny na strony skrzynki antenowej. Jeżeli toroid jest przesunięty zupełnie na prawo, to znajduje się na wyjściu tunera, a gdy na lewo, to znajduje się na wejściu rzeczony tunera. W obu

przypadkach dławik pracuje jak powinien i usuwa niepożądany prąd wspólny, ale impedancja, na której musi pracować, wynosi 50Ω jedynie wtedy, gdy jest on na wejściu tunera.

Przykład 3: Skrzynka antenowa symetryczna, fider okienkowy

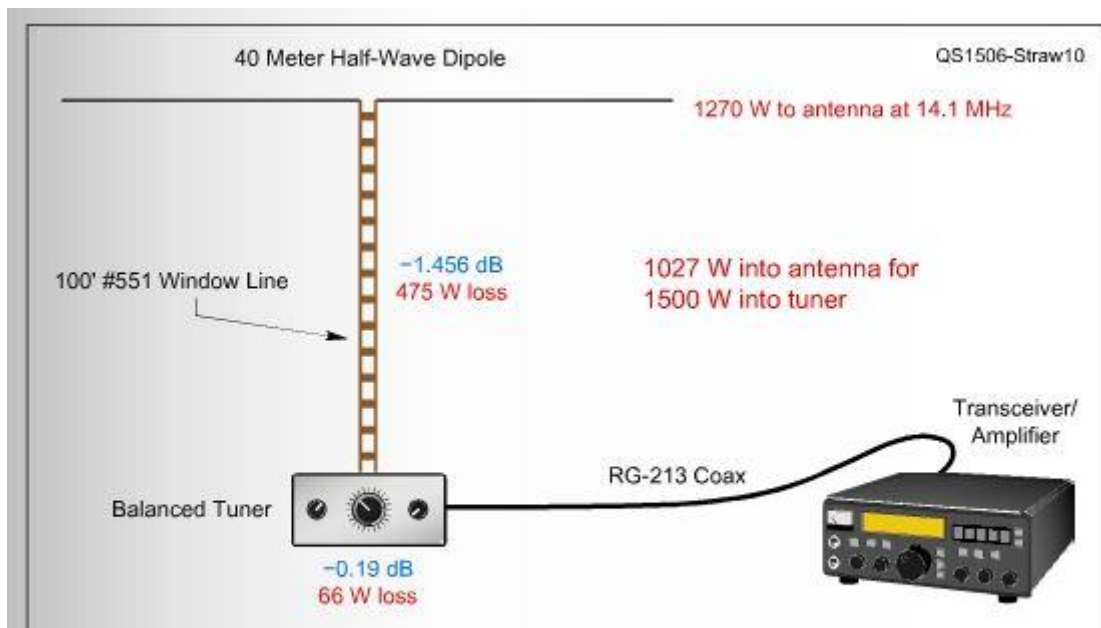


Figure 10 — Power losses for Johnson Matchbox feeding 100 feet of “window ladder line” instead of #12 AWG wire open-wire line. The net power reaching the antenna is 1027 W, with 475 W lost in the window ladder line, which uses #18 AWG copper-clad wire.

W przykładzie tym przyjmuję, że inverted-V z pasma 40 metrów jest teraz zasilany 30-metrową linią okienkowo-drabinkową (dostępny w handlu w USA kabel płaski około 450Ω z wyciętymi w izolacji oknami) na częstotliwości 14,1 MHz. W programie TLW wybrano komercyjny typ kabla okienkowego Wireman #551. W kablu zastosowany jest drut stalowy miedziowany #18 AWG (ϕ około 1 mm) na oba przewody. Sumaryczne straty w linii na 14,1 MHz wynoszą 475 W, co jest równe 1,456 dB w porównaniu z 0,305 dB dla linii symetrycznej z gołego drutu stalowego miedziowanego #12 AWG (ϕ około 2 mm) z przykładu 1.

W przykładzie 3 używamy znowu skrzynki Johnson Matchbox, która wnosi straty 0,19 dB, tj. 66 W. Rysunek nr 10 pokazuje, że sumaryczna moc dostarczona do anteny wynosi 1027 W z 1500 W wysyłanych do tunera. Jest to mniej niż w przykładzie 1, ale nadal dość efektywnie.

Przykład 4: Autotuner umieszczony w punkcie zasilania anteny

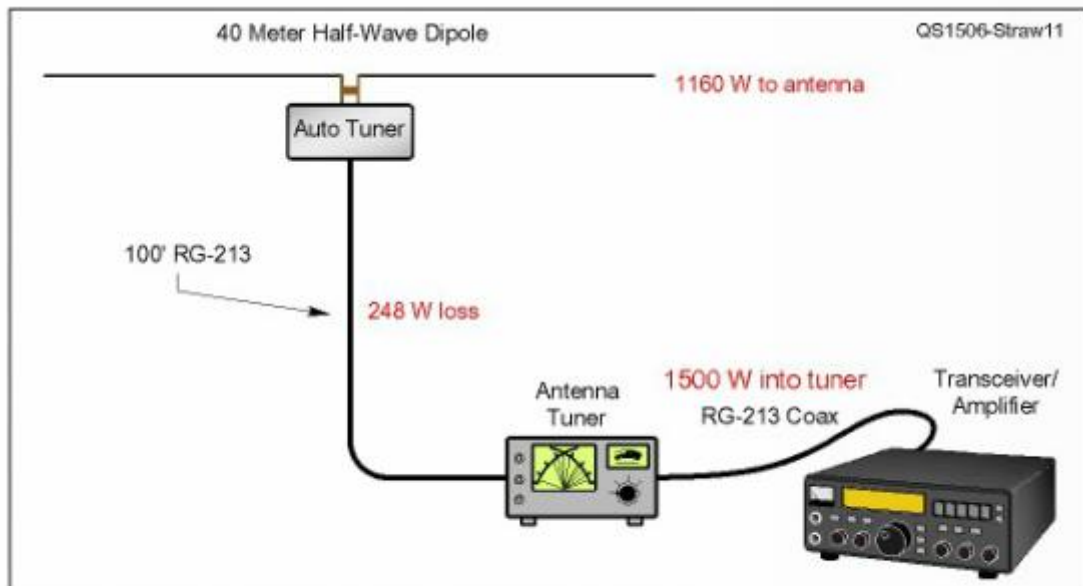


Figure 11 — Setup for feeding a 40 meter inverted V dipole at 14.1 MHz, with an automatically tuned antenna tuner located up at the antenna feed point.

Rysunek nr 11 przedstawia dipol inverted-V z pasma 40 metrów użyty na 14,1 MHz, ale tym razem z automatycznym tunerem umieszczonym bezpośrednio w miejscu zasilania anteny, który z kolei jest zasilany trzydziestoma metrami koncentryka RG-213 (średnica 10,3 mm). Powstały system dostarcza 1160 W mocy w.cz. do anteny przy stratach 248 W w dopasowanej linii. Jest to system efektywny. Jednak w handlu jest dostępnych niewiele tunerów automatycznych przenoszących moc 1,5 kW, które mogą pracować na wietrze, śniegu, deszczu i słońcu.

Przykład 5: Dławik prądu wspólnego w punkcie zasilania anteny

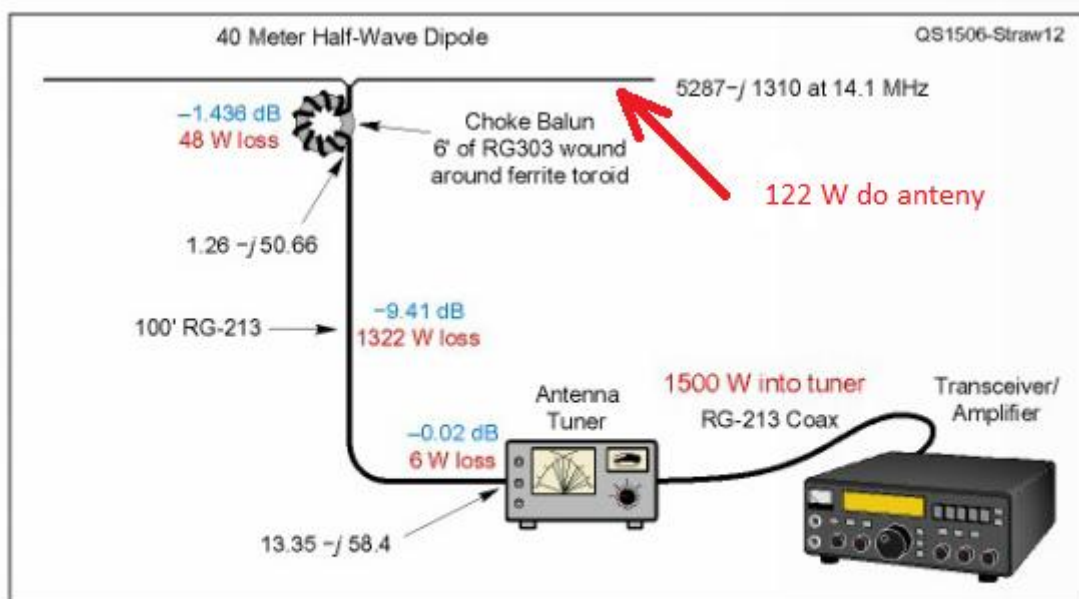


Figure 12 — Setup for "N6BV's Train Wreck," where common-mode current choke is placed at antenna feed point. The choke is made up of 6 feet of RG-303 Teflon-insulated coax threaded through ferrite toroids. The loss in the 100 feet of RG-213 feed line is 9.41 dB, very high indeed.

Rysunek nr 12 przedstawia to, co Jim Brown K9YC, powtarzając za N6BV, nazywa pewnym scenariuszem na wykojenie pociągu. Przykład ponownie używa dipola i-V na jego drugiej harmonicznej 14,1 MHz. Balun składa się z odcinka 1,8 mb teflonowego kabla RG-303, który jest z kolei zasilany trzydziestoma metrami kabla RG-213, podłączonego do tunera w pomieszczeniu radiostacji. Program TLW wylicza straty w dławiku prądu wspólnego na 1,436 dB przy SWR = 111,67:1 i impedancji $1,26 - j50,66 \Omega$ na wejściu dławika. Rysunek nr 12 pokazuje także impedancje i straty mocy na każdym połączeniu w systemie antenowym. Straty w 30-metrowym kablu RG-213 są całkiem duże, tj. 9,41 dB. Rysunek ten także pokazuje, że aż 1322 W są wydzielane w kablu, podczas gdy w efektywnym tunerze tracimy 0,02 dB, czyli 6 W. Tak więc do dławika dociera 171 W, z czego tylko 122 W do anteny (wartość ta nie została podana na oryginalnym rysunku!!!). Straty od prądu różnicowego w balunie/dławiku wynoszą 48 W, tj. 8 W na stopę (30,5 cm) kabla RG-303. Ten poziom mocy powinien zniszczyć balun, zakładając, że nie ma on chłodzenia wymuszonego.

Powinienem dodać, że duże straty w 30-metrowym fiderze z RG-213 zabezpieczają balun od zbyt dużej mocy na jego wejściu, gdy pracujemy z dużym SWR. Z jak jednak dużym marnotrawstwem cennej mocy w.c. mamy tu do czynienia? Niewątpliwie jest to pociąg gotowy do wykojenia. Teraz już jasne jest, jaki półgłówek może próbować zasilać dipol z pasma 40 metrów na 14,1 MHz w ten sposób.

Przykład 6: Linia drabinka okienkowa z dławikiem prądu wspólnego w pomieszczeniu radiostacji

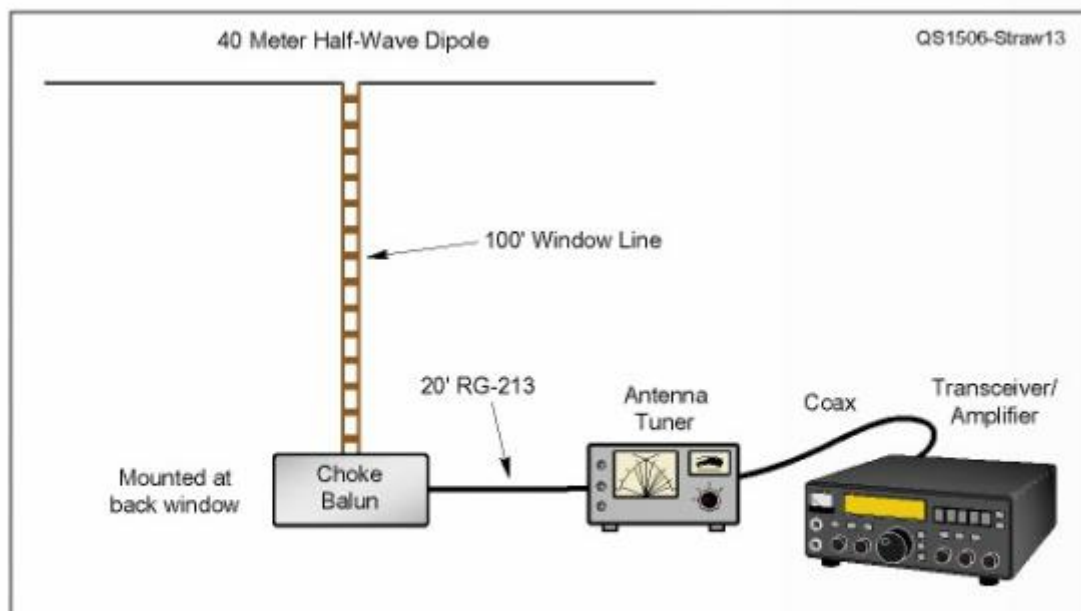


Figure 13 — A popular method for feeding a multiband dipole, where the common-mode choke balun is placed at a rear window in the shack and a jumper of RG-213 coax connects the choke to an antenna tuner located at the operating position. I assumed in this example that the jumper coax is 20 feet long.

Jest to prawdopodobnie najczęściej stosowana przez krótkofalowców konfiguracja (raczej w USA?). W typowej instalacji (rys. nr 13) 30-metrowy kabel okienkowo-drabinkowy biegnie od anteny do baluna umieszczonego na zewnętrznej stronie tylnego okna w pomieszczeniu radiostacji. Typowo także jumper (czytaj dżamper) o długości 20 stóp (prawie 7 mb) z kabla RG-213 biegnie od

wspomnianego dławika poprzez ramę okienną do tunera umieszczonego na stanowisku operatorskim.

Słyszałem, że amatorzy określają tę konfigurację jako pozwalającą utrzymać promieniowanie w.cz. poza pomieszczeniem radiostacji, ponieważ prądy wspólne są wycięte z odcinka instalacji w pomieszczeniu. Jest to prawda, bo dławik prądu wspólnego robi to, do czego jest przeznaczony. Jeżeli jednak antena znajduje się w pobliżu pomieszczenia radiostacji, to promieniuje ona w.cz. zgodnie ze swoim przeznaczeniem, nie omijając radiostacji.

Musisz wnikliwie przyrzeć się stratom we wspomnianej konfiguracji.

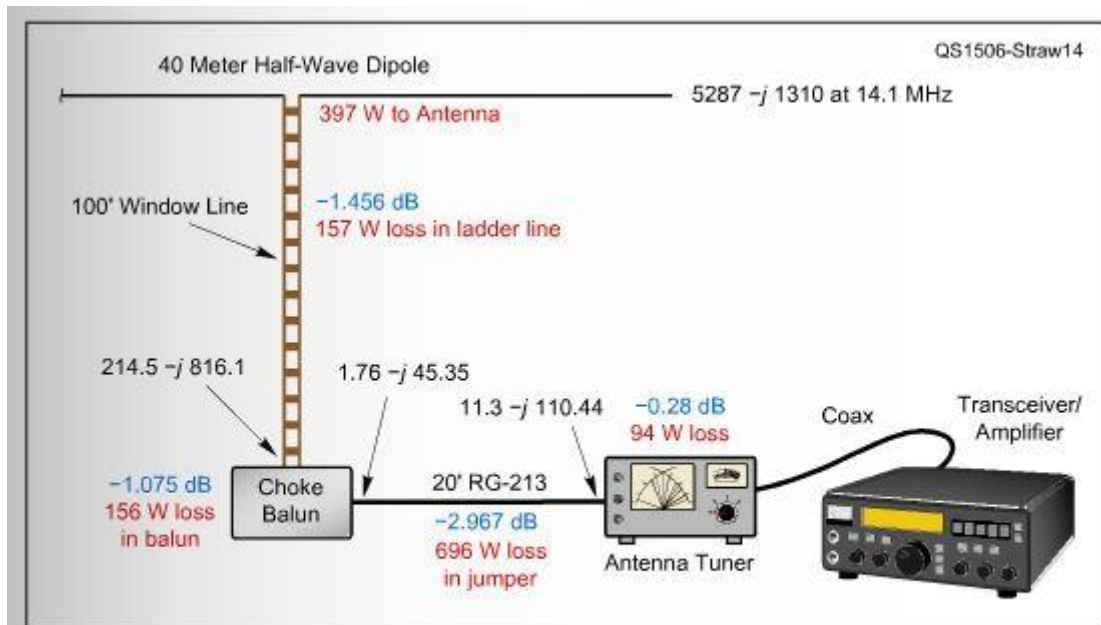


Figure 14 — Power loss in watts for system with choke balun placed at a rear window in the shack. A staggering 696 W is lost in the 20-foot-long jumper between the antenna tuner and the choke! The choke balun dissipates 156 W and it will probably become a "crispy critter" if the key is held down for long.

Rysunek nr 14 pokazuje impedancje i straty w każdym punkcie systemu zasilania anteny wyrażone w watach i decybelach dla podanej na wejście tunera mocy 1500 W. Co rzuca się w oczy natychmiast, to straty 696 W w 7-metrowym dżamperze pomiędzy dławikiem/balunem przy tylnym oknie i tunerem. Jest to 115 W na metr (35 W/stopę), tj. poziom, który prawdopodobnie stopi kabel.

Moc wydzielana w dławiku/balunie wynosi 156 W, więc jest na poziomie znacznego zagrożenia, szczególnie dla emisji typu RTTY. Dławik wymaga chłodzenia wymuszonego. Do wypromieniowania z anteny dociera 397 W.

Co się stanie, jeżeli 7-metrowy dżamper zostanie skrócony? Podczas, gdy mniej mocy będzie tracone w krótszym dżamperze, więcej mocy będzie dostępne by grzać balun.

Co z dipolami niesymetrycznymi

Niektórzy krótkofalowcy są entuzjastycznymi użytkownikami dipoli niesymetrycznych (Off-Centered-Fed Dipol), ponieważ dają one relatywną łatwość pracy wielopasmowej. Nawet przy dużych impedancjach dławika/baluna, prądy wspólne są w nich nie do wyeliminowania.

Dla typowego dipola OCF o długości 80 metrów, zasilanego w odległości 37,5 % od jednego z końców, program EZNEC wylicza straty w balunie/dławiku na 326 W, gdy jest on umieszczony w punkcie zasilania anteny na częstotliwości 7,1 MHz. Przy 1,5 kW mocy dostarczonej do systemu, balun/dławik zostanie przeciążony mocą i szybko się przegrzeje. Sumaryczne straty w balunie będą większe od wspomnianych 326 W o straty od prądu różnicowego. Nic dziwnego, że dipole OFC mają reputację anten palących baluny przy większych mocach i modulacjach z dużym wypełnieniem.

Podsumowanie

Stare skrzynki antenowe jak Johnson Matchbox są z natury symetryczne i niskostratne. Współczesne konstrukcje z balunami/dławikami na wejściu niesymetrycznego układu dopasowującego mogą być prawie tak samo efektywne i przeważnie mają szerszy zakres impedancji, które potrafią dopasować.

Jest wiele sposobów, unikania przeciążania elementów w twoim systemie antenowym. Powinieneś wszystko przeliczyć zanim odpalisz kilowatowy wzmacniacz, szczególnie na częstotliwościach nierezonansowych anteny.

Tłumaczenie:

Olsztyn, 08.2015r.

Franek R., frantastic@o2.pl

ex: SP4GEC, SP2GEC, SP2PGU, trzykrotnie SP2PGU/mm, nieaktywny od stanu wojennego, obecnie w trakcie reaktywacji krótkofalarskiej

PS.

1. W podsumowaniu autor pomija antenę z autotunerem umieszczonym w punkcie zasilania dipola (przykład nr 4). Ten efektywny także wariant, jest wszakże możliwy, jedynie w dipolach podpartych w środku (np. i-V) ze względu na wagę tunera. Nie jest tani. Jest jednak jedynym efektywnym rozwiązaniem z fiderem z koncentryka gdy chcemy używać dipola jednopasmowego do pracy wielopasmowej.
2. Przed czytaniem artykułu lub po tym polecam przypomnienie sobie kilku artykułów na tematy dopasowań i strat w systemach antenowych, które w postaci tłumaczeń SP6LB były szeroko dostępne w polskim czasopiśmiennictwie. Jednocześnie chciałbym zwrócić uwagę na ostatni z tych artykułów w ŚR 03/2015 pod tytułem: „Znaczenie WFS w Przykładach”, który oprócz bardzo cennych i prawidłowych przykładów w drugiej i trzeciej części (gdyby go podzielić na trzy tzw. nierówne połowy) zawiera herezje elektroniczne pod koniec części

pierwszej. Należy go czytać z włączoną czujnością. Tłumaczenie jest OK, ale ewidentnie autor oryginalnego artykułu Darrin Valraven K5DVW w artykule: „Understanding SWR by Example”, QST, November 2006, posłużył się przykładami zaczerpniętymi od innych. Inaczej nie mógłby wyciągnąć prawidłowych wniosków z fałszywych przesłanek, których sam był autorem.