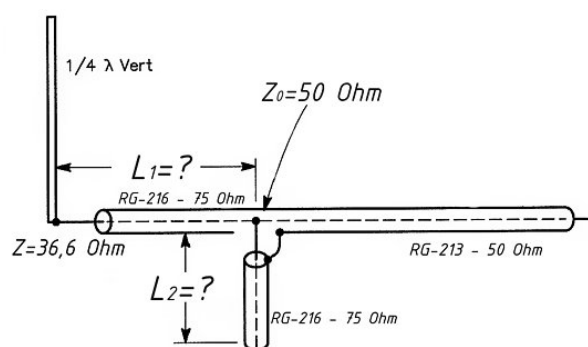


Dopasowanie impedancji anten typu GP i DELTA do fidera $Z=50\Omega$ poprzez rękaw z kabla $Z=75\Omega$

(opracował Grzegorz Siemak – SP3V, w oparciu o rozdział ‘*Stub Matching*’ z dzieła „*Low-Band DXing*” oraz programu ‘*Stub Matching*’ Johna Devoldere, ON4UN)

W praktyce radioamatorskiej często spotykamy się z problemem dopasowania anteny jednopasmowej, której impedancja jest większa (np. Delta) lub mniejsza (np. Ground Plane) od 50Ω – do zasilającego ją kabla koncentrycznego 50Ω . Jest wiele sposobów wykonania takiego dopasowania, między innymi różne wzajemne konfiguracje cewek i kondensatorów, np. układy Π , L lub T. Przyjęcie jednego z tych rozwiązań rodzi problemy z doбором parametrów cewek i kondensatorów, w tym także ich zdolności do przenoszenia wysokich



napięć i prądów w.cz. John ON4UN zaproponował dopasowanie takich anten do $Z=50\Omega$ przy pomocy włączenia w pewnym punkcie kabla koncentrycznego zasilającego antenę, odcinka innego kabla o pewnej długości, przy czym może to być koncentryk o innej

impedancji niż kabel zasilający. Rysunek obok pokazuje w jaki sposób dopasowano ćwierćfalowy GP mający impedancję $Z_{GP}=36,6\Omega$ do kabla koncentrycznego RG-213 o impedancji $Z=50\Omega$. Dopasowanie wykonano dwoma odcinkami L_1 i L_2 kabla RG-216 o impedancji $Z=75\Omega$, choć może to być także kabel o każdej innej impedancji. Poniżej znajduje się odpowiedź na pytanie, w jaki sposób można określić odcinki L_1 i L_2 dopasowujące antenę.

1. Długość wyrażona w stopniach?

Częstotliwość i długość fali elektromagnetycznej są połączone następującym związkiem:

$$\lambda = \frac{299,8}{f}; \quad \text{gdzie:} \quad \lambda - \text{długość fali w [m],}$$
$$f - \text{częstotliwość w [MHz];}$$

Falę elektromagnetyczną można opisać, tak jak i inne fale, przy pomocy wykresu sinusoidalnego, albo krócej – przy pomocy sinusoidy. Zatem fala elektromagnetyczna ma

swoją **amplitudę** A ('wysokość' sinusoidy), **okres** T (czas w sekundach, w którym sinusoida wykonuje jedno pełne drganie, czyli o kąt $2\pi = 360^\circ$), **długość fali** λ (w uproszczeniu – długość jednego okresu T sinusoidy fali w metrach) oraz **częstotliwość** f (ile pełnych drgań wykona sinusoida w czasie 1 sekundy). Płyne stąd prosty wniosek, że na pełny okres sinusoidy równy 360° przypada zależna od częstotliwości, ściśle określona długość sinusoidy – albo lepiej – fali, wyrażona w konkretnej liczbie metrów i wyliczona z powyższego wzoru. No to jeśli tak, to można by zapytać, ile tych metrów długości fali przypada nie na 360° lecz na każdy 1° długości fali. Idąc tym tropem dalej – skoro każdemu 1° okresu fali przypisana jest znana i ściśle określona $\left(\frac{1}{360}\right)$ ilość metrów z długości fali, to czy dla danej częstotliwości, długości elementów anten można wyrażać nie w metrach, a w stopniach? Można. Upraszcza to obliczenia. Właśnie dlatego John ON4UN w swojej książce „Low-Band DXing” i w opracowanych programach komputerowych przyjął oznaczanie długości elektrycznej anten, kabli koncentrycznych, linii symetrycznych, itd. w stopniach, a nie w metrach. Poza tym, takie założenie umożliwia proste wyliczanie długości elementów anten także dla innych częstotliwości pracy niż te, które John ON4UN opisał w książce.

Przykład, który może się przydać w dalszej części opisu:

Założmy, że chcemy zaprojektować dipol półfalowy na część SSB pasma 80 metrów, przy czym będzie on zasilany koncentrykiem $50\ \Omega$ o długości pół fali.

Zakładamy częstotliwość np. $3,750\text{[MHz]}$ i wyliczamy długość fali:

$$\lambda = \frac{299,8}{3,750} = 79,95\text{ [m]}$$

oraz 'długość' jednego stopnia fali:

$$\lambda_{1^\circ} = \frac{\lambda}{360^\circ} = \frac{79,95\text{ [m]}}{360^\circ} = 0,222\text{ [m]}$$

Długość połowy fali ma 180° , zatem długość dipola półfalowego będzie:

$$\lambda_{180^\circ} = \lambda_{1^\circ} \cdot 180^\circ = 0,222\text{ [m]} \cdot 180^\circ = 39,96\text{ [m]}$$

Założmy, że zostanie zastosowany kabel koncentryczny RG-213 o impedancji $Z=50\ \Omega$ i o długości $\frac{1}{2}$ fali, czyli w stopniach – 180° . Są różne kable koncentryczne różniące się nie tylko impedancją, ale także np. budową ekranu, żyty środkowej lub materiałem zastosowanym na izolację. Przez każdy z tych kabli prąd w.cz. przepływa inaczej. Zostało to uwzględnione w tzw. współczynniku skrócenia kabla k , który jest podawany w katalogach kabli koncentrycznych, jako wielkość charakteryzująca

dany kabel. Np. dla koncentryka RG-213 współczynnik skrócenia k wynosi 0,66 i w wyliczeniach długości kabla należy go koniecznie uwzględnić.

$$\lambda_{k180} = \lambda_1 \cdot 180^\circ \cdot k = 0,222[m] \cdot 180^\circ \cdot 0,66 = 26,37[m]$$

Wyliczona w ten sposób długość jest półfalową długością koncentryka RG-213 dla częstotliwości $f = 3,750[\text{MHz}]$.

Trzeba tu dodać, że kabel koncentryczny o długości półfalowej (lub o krotności długości półfalowej) ma tę właściwość, że na danej częstotliwości nie transformuje impedancji. Nie wnikając w przyczyny tego zjawiska i w jego zawłości teoretyczne, należy stwierdzić, że najlepiej jest właśnie wtedy, gdy antenata mająca impedancję $Z=50\Omega$, na swojej częstotliwości pracy jest zasilana z nadajnika o impedancji wyjściowej $Z=50\Omega$, kablem koncentrycznym o impedancji $Z=50\Omega$ i o długości półfalowej lub o długości będącej wielokrotnością długości półfalowej.

2. Określenie impedancji i innych parametrów anteny rzeczywistej

Zanim zabierzemy się do określenia długości odcinków kabla koncentrycznego L_1 i L_2 dopasowujących naszą antenę, musimy zmierzyć jej parametry elektryczne.

Na parametry elektryczne i na właściwości promieniowania anteny rzeczywistej, tzn. zawieszonej na pewnej wysokości nad ziemią w konkretnych warunkach, mają wpływ różnorodne czynniki, tak jak np. metalowe przedmioty znajdujące się wokół anteny – maszty, inne anteny, blaszane dachy, ogrodzenia itp., a także przewodność i konduktancja gruntu pod anteną. Nie sposób dokładnie przewidzieć jakie parametry (np. impedancję) będzie miała prawie pozioma Delta, zawieszona lekko na ukos, przy czym trójkąt, który tworzy, nie jest równoboczny, ani nawet równoramienny, a jakby się jej tak dobrze przyjrzeć, to właściwie nie byłby to trójkąt lecz trapez z wierzchołkami zawieszonymi na różnej wysokości... Książkowe informacje, że impedancja Delta wynosi w punkcie zasilania około 100Ω mogą być w tym przypadku bardzo dalekie od prawdy. Dlatego do dokładnego dopasowania naszej konkretnej anteny będzie nieodzowne zmierzenie jej rzeczywistych parametrów elektrycznych, jakie ma w punkcie zasilania po zawieszeniu na swoim miejscu. Ale jak zmierzyć parametry elektryczne anteny rzeczywistej, jeśli po jej zawieszeniu punkt zasilania znalazł się na wysokości np. 6 m. i nie mamy żadnego sposobu, aby do niego dotrzeć z przyrządem

pomiarowym? Na pewno jest wiele rozwiązań tego problemu, ale najprostszym wydaje się ten opisany poniżej w punkcie **b**). Aby zmierzyć parametry anteny, postępujemy następująco:

- a)** Zawieszamy antenę na swoim miejscu wraz z podłączonym do niej kablem koncentrycznym. Powinniśmy wiedzieć jakiego typu jest to koncentryk, aby móc odczytać z tabel jego współczynnik skrócenia. Na tym etapie długość koncentryka nie ma istotnego znaczenia, bowiem chodzi tylko o to, aby zmierzyć częstotliwość rezonansową anteny. Pomiaru dokonujemy np. w ten sposób, że podłączamy antenę do transceivera i (po wyłączeniu skrzynki antenowej w TRX-ie, jeśli ją ma), używając niewielkiej mocy, np. 5W, szukamy częstotliwości, przy której SWR będzie najniższy. Jeżeli zmierzona w ten sposób częstotliwość rezonansowa nie będzie odpowiednia, wtedy konieczne będzie skorygowanie wymiarów anteny i powtórny pomiar częstotliwości rezonansowej. Przyjmijmy, że ostatecznie otrzymaliśmy z pomiaru częstotliwość rezonansową $f_r = 3,750$ MHz, oraz że naszą anteną jest Delta.
- b)** Teraz przychodzi kolej na przycięcie kabla na długość $\frac{1}{2}\lambda$, a mówiąc inaczej – na długość 180° . Długość tę otrzymujemy wykonując obliczenia opisane w przykładzie podanym w punkcie 1, pamiętając o podstawianiu do wzorów częstotliwości rezonansowej naszej anteny rzeczywistej. Jak widać, konieczne będzie posiadanie informacji na temat współczynnika skrócenia koncentryka zasilającego antenę. Jeśli jednak nie znamy współczynnika k koncentryka, musimy sięgnąć do innej metody, np. opisanej przez Aleksandra VA3TTT tu: <http://www.cqham.ru/cable3.htm>, ale to jest chyba metoda trudniejsza.

Jak już wcześniej – w przykładzie z punktu 1 – podałem, półfalowy odcinek kabla koncentrycznego (albo wielokrotność tego odcinka) nie transformuje impedancji, zatem pomiary anteny dokonane przez taki odcinek koncentryka są tożsame z pomiarami dokonanymi w samym punkcie zasilania anteny. Problem dostępu do punktu zasilania anteny znajdującego się 6m. nad ziemią został pokonany!...

- c)** Teraz musimy dokonać pomiarów wielkości elektrycznych naszej anteny. Możemy to zrobić na przykład przy pomocy następujących przyrządów pomiarowych: **VNA** (http://sp3swj.googlepages.com/galeria_vna_sp) , albo **MFJ-259B** lub **MFJ-269B**, albo też **RX Vector Analyst VA1** firmy Autek Research (<http://www.autekresearch.com/va1.htm>). Podłączamy przyrząd pomiarowy do półfalowego odcinka kabla koncentrycznego

zasilającego mierzoną antenę i ustawivszy na przyrządzie częstotliwość rezonansową anteny, odczytujemy:

R_s – rezystancję szeregową anteny,

jX – reaktancję anteny.

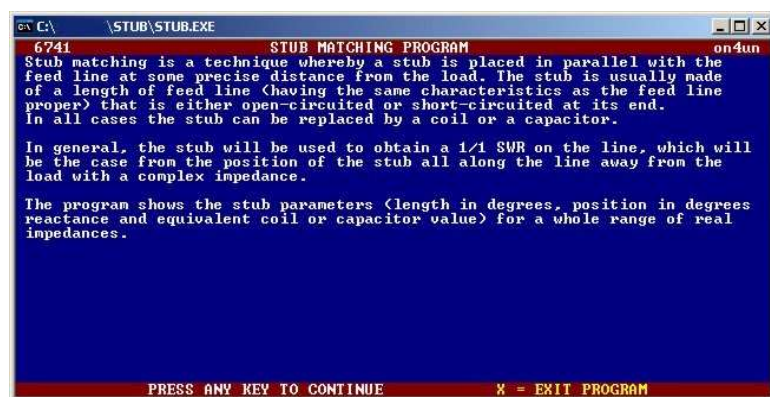
Jak wiadomo, reaktancja ma charakter pojemnościowy (wtedy ma znak minus) lub indukcyjnościowy (wtedy ma znak plus). Z wymienionych wyżej przyrządów, przyrządy MFJ nie dają możliwości odczytu znaku reaktancji. Ale i na to jest sposób. Jeżeli dokonaliśmy już pomiaru reaktancji MFJ-otem na częstotliwości rezonansowej anteny i teraz zwiększymy nieco częstotliwość przyrządu i jeśli przy tym zauważymy, że reaktancja wzrasta – to na pewno ma ona charakter indukcyjnościowy i ma znak '+', natomiast jeśli przy zwiększaniu częstotliwości reaktancja zmniejsza się – wtedy pewny jest znak '-', a reaktancja jest wtedy pojemnościowa.

Przyjmijmy, że nasza Delta ma rezystancję szeregową $R_s = 105\Omega$ i reaktancję $jX = +39\Omega$.

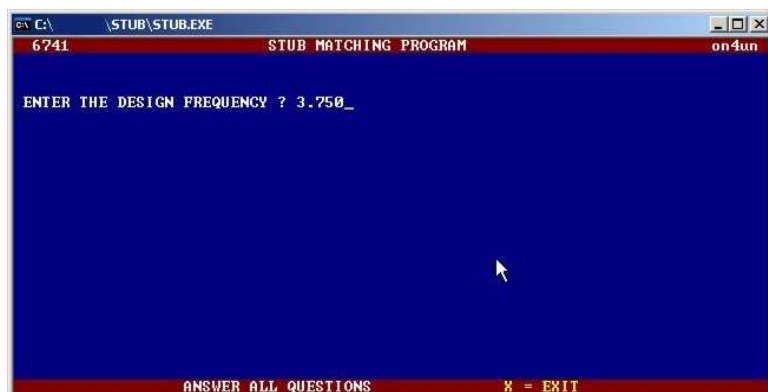
Przyszedł czas, aby zastosować program 'Stub Matching' Johna ON4UN i wyliczyć długości odcinków kabla koncentrycznego L_1 i L_2 , dopasowujących naszą Deltę do zasilania fiderem 50Ω , którego długość może być dowolna.

3. Obsługa programu 'Stub Matching' Johna Devoldere ON4UN

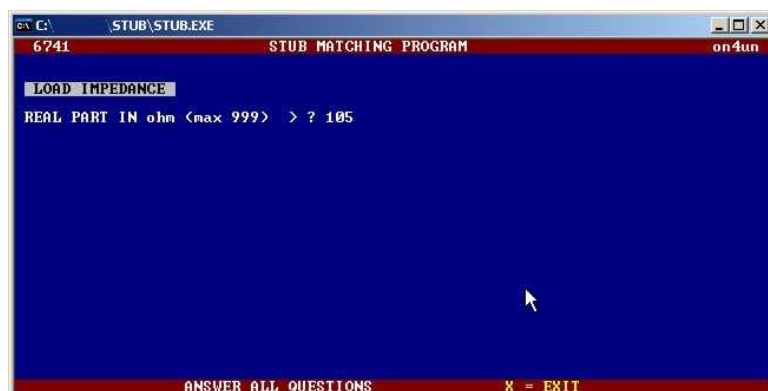
Program 'Stub Matching' jest jednym z programów dołączonych do książki „Low-Band DXing” na płytce CD i jest zastrzeżony prawami autorskimi. Książkę wraz z płytką można nabyć tu: <http://www.arrl.org/catalog/?category=&words=Low-Band+DXing>, za około 40\$.



Program po uruchomieniu wita nas informacją o swoich cechach i możliwościach. Informuje też, że długość będzie wyrażana w stopniach.



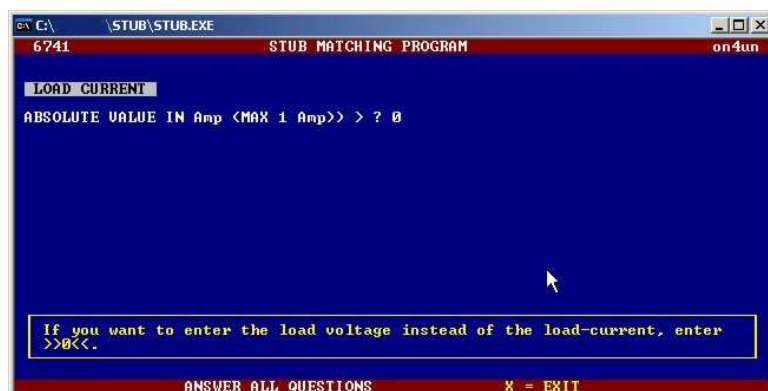
Po naciśnięciu dowolnego klawisza przechodzimy do następnej strony, na której wpisujemy częstotliwość rezonansową naszej Delty w MHz i znowu naciskamy *ENTER*.



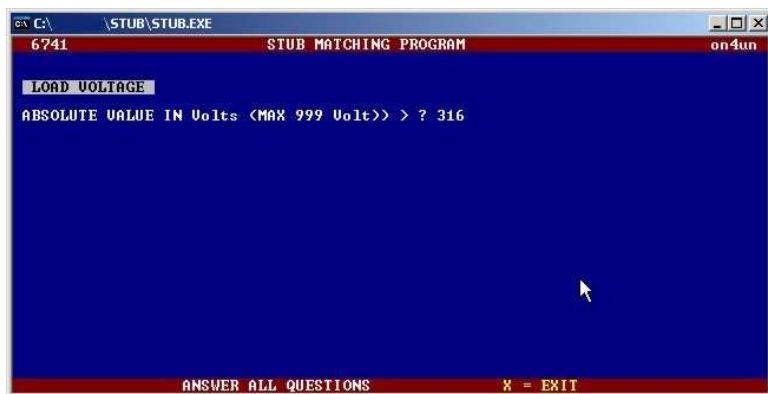
Teraz kolej na wpisanie zmierzonych wcześniej składowych impedancji anteny. Tu wpisujemy wartość rezystancji R_s i naciskamy *ENTER*...



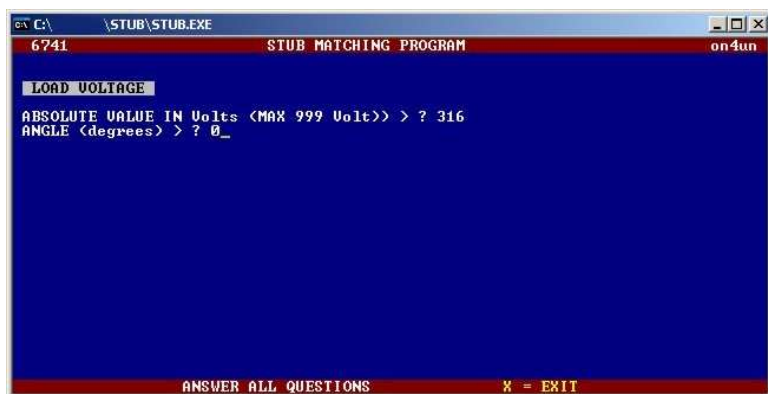
...i pojawia się druga linijka do wpisania drugiej składowej – reaktancji jX . Przy wpisywaniu pamiętamy o znaku, potem *ENTER*.



Prąd w.cz. płynący do anteny scharakteryzowany może być wielkością prądu lub napięcia, co ma oczywisty związek z mocą dostarczaną do anteny. Podajemy tu tylko jeden z tych 2-ch parametrów – jeżeli planujemy podanie napięcia w.cz., wtedy podajemy, że wartość prądu jest równa „0”, jak to widać na obrazku obok.

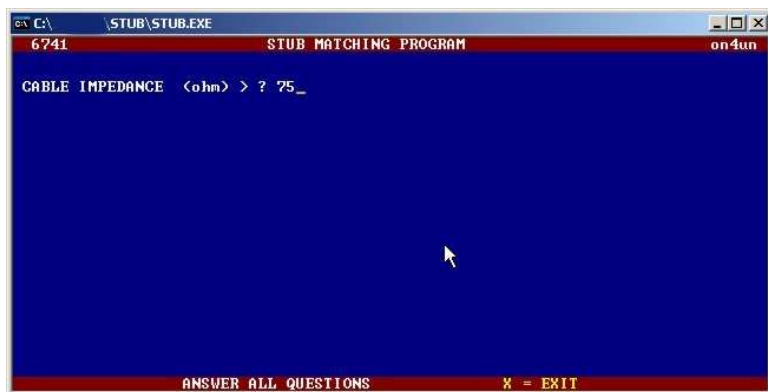


ponad 316 [V] i taką wartość wstawiamy do programu, po czym *ENTER*.

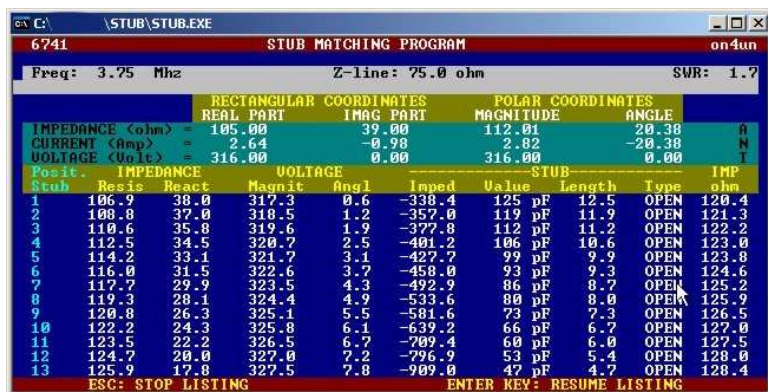


W następnym kroku program pyta nas o napięcie prądu w.c.z., które odłoży się na obciążeniu 50Ω. Jest to napięcie międzyszczytowe i jest zależne od mocy nadajnika. Można je obliczyć ze wzoru wynikającego z prawa Ohma: $U_{\max} = \sqrt{2 \cdot P \cdot R}$ [V], gdzie P – moc nadajnika [W], R – rezystancja obciążenia [Ω]. Dla mocy np. 1000[W] otrzymujemy nieco

Następne pytanie dotyczy kąta przesunięcia fazowego pomiędzy prądem i napięciem w.c.z. Ponieważ będziemy używać do zasilania anteny kabla koncentrycznego o elektrycznej długości $\frac{1}{2} \lambda$ (lub wielokrotności tej długości) toteż kąt przesunięcia fazowego będzie zerowy, o czym informujemy program i naciskamy *ENTER*.



Teraz przyszła kolej na wpisanie impedancji kabla koncentrycznego z którego będą wykonane odcinki L_1 i L_2 dopasowania. Przypomnę, że mieliśmy fantazję użyć do zasilania naszej Deltę kabla 50Ω, natomiast dopasowanie wykonamy z kabla 75Ω, choć oczywiście może być użyty także kabel 50Ω, a także np. 100Ω. Wpisujemy zatem 75 i *ENTER*.



I oto mamy wyliczenia długości odcinków L_1 i L_2 (w stopniach)! Jest to kolumna pierwsza (Posit.Stub) i 3-cia od końca (Length). Widzimy pierwsze 13 linijek wyliczeń. Pozostałych 347 nie widać (bo razem jest ich 360) – chowają się pod dolną krawędzią okna programu i trzeba je przewinąć naciskając dowolny klawisz.

6741 STUB MATCHING PROGRAM on4un

Freq: 3.75 Mhz Z-line: 75.0 ohm SWR: 1.7

		RECTANGULAR COORDINATES		POLAR COORDINATES	
		REAL PART	IMAG PART	MAGNITUDE	ANGLE
IMPEDANCE (ohm) =		105.00	39.00	112.01	20.38
CURRENT (amp) =		2.64	-0.98	2.82	-20.38
VOLTAGE (volt) =		316.00	0.00	316.00	0.00

Posit.	IMPEDANCE	VOLTAGE	STUB	IMP
Stub	Reais	React	Magnit	Angle
92	46.4	-15.8	207.9	72.5
93	46.0	-14.9	206.1	73.9
94	45.7	-14.0	204.4	75.4
95	45.4	-13.2	202.8	76.9
96	45.2	-12.3	201.3	78.5
97	44.9	-11.4	199.9	80.0
98	44.7	-10.5	198.5	81.6
99	44.5	-9.7	197.3	83.2
100	44.3	-8.8	196.1	84.8
101	44.1	-7.9	195.1	86.5
102	44.0	-7.1	194.1	88.1
103	43.8	-6.2	193.3	89.8
104	43.7	-5.3	192.5	91.5

ESC: STOP LISTING ENTER KEY: RESUME LISTING

Przewijamy kolejne linijki wyników obliczeń do momentu, kiedy w ostatniej kolumnie (IMP ohm) pojawi się wartość 50, lub możliwie jak najbliższa 50. Jest to wartość impedancji, którą chcemy uzyskać przez dopasowanie złożone z dwóch odcinków kabla koncentrycznego 75Ω.

6741 STUB MATCHING PROGRAM on4un

Freq: 3.75 Mhz Z-line: 75.0 ohm SWR: 1.7

		RECTANGULAR COORDINATES		POLAR COORDINATES	
		REAL PART	IMAG PART	MAGNITUDE	ANGLE
IMPEDANCE (ohm) =		105.00	39.00	112.01	20.38
CURRENT (amp) =		2.64	-0.98	2.82	-20.38
VOLTAGE (volt) =		316.00	0.00	316.00	0.00

Posit.	IMPEDANCE	VOLTAGE	STUB	IMP
Stub	Reais	React	Magnit	Angle
92	46.4	-15.8	207.9	72.5
93	46.0	-14.9	206.1	73.9
94	45.7	-14.0	204.4	75.4
95	45.4	-13.2	202.8	76.9
96	45.2	-12.3	201.3	78.5
97	44.9	-11.4	199.9	80.0
98	44.7	-10.5	198.5	81.6
99	44.5	-9.7	197.3	83.2
100	44.3	-8.8	196.1	84.8
101	44.1	-7.9	195.1	86.5
102	44.0	-7.1	194.1	88.1
103	43.8	-6.2	193.3	89.8
104	43.7	-5.3	192.5	91.5

ESC: STOP LISTING ENTER KEY: RESUME LISTING

Jak widać na rysunku obok, w pierwszej kolumnie wyszukanego wiersza jest liczba 94. Jest to długość odcinka L_1 kabla dopasowującego, wyrażona w stopniach. W kolumnie 3-ciej od prawej odnajdujemy liczbę 65,3. Jest to długość odcinka L_2 kabla dopasowującego, w stopniach. W kolumnie 2-giej od prawej znajdujemy słowo 'SHORT', co

oznacza, że odcinek L_2 kabla dopasowującego ma na końcu zwarte ze sobą ekran i żyłę środkową.

6741 STUB MATCHING PROGRAM on4un

Freq: 3.75 Mhz Z-line: 75.0 ohm SWR: 1.7

		RECTANGULAR COORDINATES		POLAR COORDINATES	
		REAL PART	IMAG PART	MAGNITUDE	ANGLE
IMPEDANCE (ohm) =		105.00	39.00	112.01	20.38
CURRENT (amp) =		2.64	-0.98	2.82	-20.38
VOLTAGE (volt) =		316.00	0.00	316.00	0.00

Posit.	IMPEDANCE	VOLTAGE	STUB	IMP
Stub	Reais	React	Magnit	Angle
118	43.9	6.9	193.9	115.4
119	44.1	7.8	194.9	117.1
120	44.2	8.6	195.9	118.7
121	44.4	9.5	197.0	120.4
122	44.6	10.4	198.3	122.0
123	44.9	11.2	199.6	123.6
124	45.1	12.1	201.0	125.1
125	45.4	13.0	202.5	126.7
126	45.7	13.8	204.1	128.2
127	46.0	14.7	205.8	129.7
128	46.3	15.6	207.5	131.1
129	46.6	16.4	209.3	132.6
130	47.0	17.3	211.2	134.0

ESC: STOP LISTING ENTER KEY: RESUME LISTING

Po kilku dalszych kliknięciach dowolnym klawiszem wiersze programu przewiną się do miejsca, gdzie ponownie wystąpi w ostatniej kolumnie liczba 50 lub prawie 50. Teraz mamy jednak do czynienia ze słowem 'OPEN' w przedostatniej kolumnie. Oznacza to, że odcinek L_2 kabla będzie na końcu otwarty (ekran i żyła środkowa będą odizolowane).

Tak jak poprzednio, w pierwszej kolumnie znajdujemy długość $L_1 = 126^\circ$ i w trzeciej od końca $L_2 = 24,5^\circ$.

6741 STUB MATCHING PROGRAM on4un

Freq: 3.75 Mhz Z-line: 75.0 ohm SWR: 1.7

		RECTANGULAR COORDINATES		POLAR COORDINATES	
		REAL PART	IMAG PART	MAGNITUDE	ANGLE
IMPEDANCE (ohm) =		105.00	39.00	112.01	20.38
CURRENT (amp) =		2.64	-0.98	2.82	-20.38
VOLTAGE (volt) =		316.00	0.00	316.00	0.00

Posit.	IMPEDANCE	VOLTAGE	STUB	IMP
Stub	Reais	React	Magnit	Angle
118	43.9	6.9	193.9	115.4
119	44.1	7.8	194.9	117.1
120	44.2	8.6	195.9	118.7
121	44.4	9.5	197.0	120.4
122	44.6	10.4	198.3	122.0
123	44.9	11.2	199.6	123.6
124	45.1	12.1	201.0	125.1
125	45.4	13.0	202.5	126.7
126	45.7	13.8	204.1	128.2
127	46.0	14.7	205.8	129.7
128	46.3	15.6	207.5	131.1
129	46.6	16.4	209.3	132.6
130	47.0	17.3	211.2	134.0

H:HELP X:EXIT R:RESET Z:Z-cable F:Freq I:Imp.load C:Curr.load U:Volt.load

I to już właściwie koniec użycia programu 'Stub Matching' Johna ON4UN. Jeśli chcemy zmienić parametry początkowe wprowadzone do programu, naciskamy ESC i jedną z liter: Z, F, I, C lub V, o czym odpowiedź pojawia się w ostatniej, czerwonej linijce ramki programu.

4. Wyliczenie długości obu odcinków kabla koncentrycznego 75Ω

Długość każdego z odcinków kabla dopasowującego oblicza się ze wcześniej podawanego wzoru:

$$\lambda_{kN} = \lambda_1 \cdot N \cdot k \text{ [m]}$$

gdzie λ_1 – długość 1^o fali, N – odczytana z programu długość odcinka dopasowującego w stopniach i k – współczynnik skrócenia zastosowanego kabla koncentrycznego. Stosując ten wzór, dla przypadku, w którym odcinek L_2 kabla dopasowującego jest zwarty na końcu (SHORT), otrzymamy:

$$L_1 = 0,222 \cdot 94 \cdot 0,66 = 13,77 \text{ [m]}$$

$$L_2 = 0,222 \cdot 65,3 \cdot 0,66 = 9,52 \text{ [m]}$$

natomiast w przypadku, gdy koniec odcinka L_2 kabla dopasowującego pozostanie rozarty (OPEN), wtedy otrzymamy:

$$L_1 = 0,222 \cdot 126 \cdot 0,66 = 18,46 \text{ [m]}$$

$$L_2 = 0,222 \cdot 24,5 \cdot 0,66 = 3,59 \text{ [m]}$$

Na zakończenie dodam tylko tyle, że opisanym sposobem dopasowałem swoją Deltę na pasmo 80 m. Wisi ona pionowo (podstawa trójkąta jest na wysokości ok. 2,5 m. nad ziemią) i jest zasilana z boku w odległości $\frac{1}{4}\lambda$ od górnego wierzchołka trójkąta. Tak wybrany punkt zasilania pozwala antenie na udawanie, że elektrycznie to właściwie nie jest Delta, tylko dwoma ćwierćfalowymi GP z pochylonymi ku sobie radiatorami i połączonymi końcami w górnym wierzchołku Delty, przy czym przeciwwagi udawanych GP są mocno zdekompletowane.

Na oba odcinki dopasowujące użyłem kabla 75Ω. Częstotliwość rezonansowa Delty to 3,650 MHz, przy której SWR jest 1:1, zaś na końcach pasma – na 3,5 MHz jest 1:1,85 i na 3,8 MHz jest 1:1,7. Długość kabla 50Ω zasilającego dopasowanie i Deltę nie była mierzona i nie wiem ile wynosi, bowiem do pomiarów, odcinek $\frac{1}{2}\lambda$ kabla był wykonany z innego koncentryka, którego teraz nie używam do zasilania anteny.

Świebodzin, w grudniu 2007 roku.