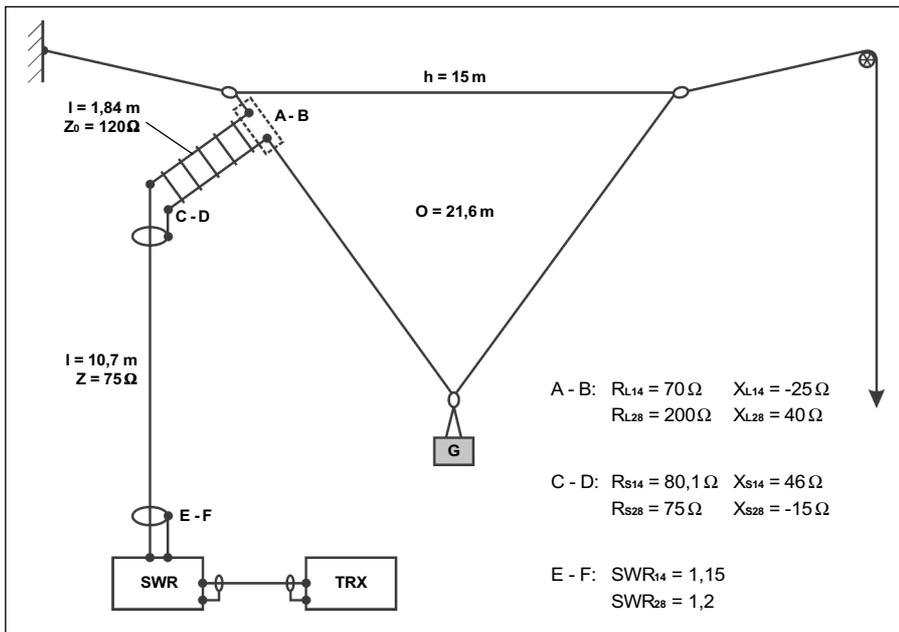


Elektrotechnické měření (6)

JAN BOCEK, OK2BNG (jan.bocek@vitkovice.cz)
 ING. TOMÁŠ KLIMČÍK, SWL (tomas.klimcik@vitkovice.cz)

Měření na anténách a napáječích je vždy nějak spjato s vlastním projektováním antény. Dnešní pokračování bude trochu jiné - nebude se zabývat metodou, jak něco změřit, nýbrž jak využít jednotlivých měření ke splnění konkrétního úkolu. Dalo by se nazvat „částec-ným aplikačním shrnutím“ některých poznatků popisovaných v předchozích částech *Elektrotechnického měření* či *Měření v radioamatérské praxi*. Pro lepší orientaci je přehled všech publikovaných článků uveden v tabulkách 1 a 2. To, co se týká dnešního tématu, je zvýrazněno tučným písmem.

Smyslem následujícího je nastínit směr, kterým je třeba se ubírat při transformaci a kompenzaci některých složek impedance antény, což jediné může učinit naši anténu použitelnou a navíc i porovnatelnou s jinými. A odtud je pak jen krok k úvahám, která že je ta „dobrá“ anténa pro mé konkrétní podmínky.



Obr. 1 - Anténa DELTA pro pásma 14 a 28 MHz

Měření na napáječích k anténě DELTA

Měřil: Jan Bocek
 Datum: 9.10.2000

Části:

- Měření elektrických hodnot na anténě
- Návrh a měření přizpůsobení k anténě
- Optimalizace antény a napáječe výpočtem

Cíl měření:

Zajistit provoz antény DELTA na kmitočtech 14 a 28 MHz s jedním napáječem bez použití ATU (automatický anebo ruční tuner).

Tab. 1 - Měření od A do Z v RŽ 1998 - 99

RŽ	Číslo měření	Název měření
1/98	1	Měření a měřicí přístroje
2/98	2	Útlumy na kabelech
3/98	3	Reflektometry
4/98	4	Impedance vedení
5/98	5	GDO a měření
6/98	6	Měříme impedanci
1/99	7	Měříme napětí a proudy
2/99	8	Měření střídavých veličin
3/99	9	Měříme odpory
4/99	10	Měříme kapacitu 1
5/99	11	Měříme kapacitu 2
6/99	12	Měříme indukčnost 1

1. Měření elektrických hodnot na anténě

Na obr. 1 je celovlnná smyčková anténa DELTA. Pro pásmo 14 MHz je její délka 21,6 m. Napájení je z boční strany. Anténa byla původně připojena přímo na svorky A - B pomocí koaxiálního kabelu 75 Ω. Pomocí měřiče impedance (RF1, MFJ-259) změříme elektrické hodnoty antény na rozpojených svorkách A - B (viz tab. 3). Pro pásmo 14 MHz vyšlo SWR 2,5 a pro 28 MHz bylo velmi vysoké.

2. Návrh a měření přizpůsobení napáječe k anténě

Pokud bereme Z a X antény jako neměnné parametry, musíme přizpůsobit napáječ. Jedním z mnoha řešení je použití vloženého napáječe mezi anténu a napáječ, jak můžeme vidět na obr. 1. Délka a impedance tohoto vloženého vedení může ovlivnit celkový přenos energie do

Tab. 2 - Elektrotechnické měření v RŽ 2000 - 2001

RŽ	Číslo měření	Název měření
1/00	13	Měříme indukčnost 2
2/00	1	Měření na transformátoru
3/00	2	Měření na vn zdroji
4/00	3	Měření na PA stupni
5/00	4	Měření na anténách
6/00	5	Měření vyzářovacího diagramu
1/01	6	Měření na napáječích k anténě

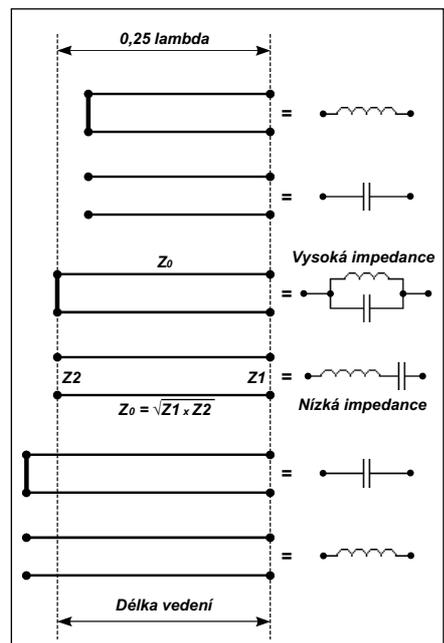
Tab. 3 - Odpory na svorkách A - B antény DELTA

Kmitočet [MHz]	R_L [Ω]	X_L [Ω]	Z_L [Ω]
13,8	53	65	85
14,0	57	31	64
14,1	59	9	58
14,3	65	25	70
14,5	75	58	90
27,8	140	70	160
28,1	167	50	175
28,3	196	40	200
28,5	250	60	250

Tab. 4 - Impedance linky

Line typ CYR 2x1,5	
Délka linky	1,58 m
Mezera mezi vodiči	3 mm
L	0,889 μ H
C	62 pF
$Z_0 = 100 \sqrt{(100L)/C}$	120 Ω

antény. Jeho kritická délka se nachází v oblasti $0,25 \lambda$ (viz obr. 2). Pro naše účely použijeme sériový model otevřeného vedení o délce $0,25 \lambda$ realizovaný obyčejnou elektrickářskou dvojlínkou označenou CYR 2 x 1,5 mm². Hodnoty impedance a zkracovacího činitele jsou společně s klíčovými vzorci uvedeny v tab. 4. a 5. Skutečná délka transformačního úseku je v tab. 6 a vyšla 1,84 m. Dvojlínku připojíme k bodům A - B, anténu zvedneme tak vysoko, abychom mohli měřit na svorkách C - D. Orientační naměřené hodnoty pro pásma 14 a 28 MHz jsou uvedeny přímo v obr. 1. V našem případě nejsou exaktní čísla příliš důležitá, potřebujeme si hlavně ověřit, že k transformaci došlo. Na kmitočtu 28 MHz z původní hodnoty 200 Ω klesla velikost činné složky impedance R na 75 Ω a X potom ze 40 Ω na 15 Ω. Nyní již můžeme na svorky C - D směle připojit koaxiální kabel 75 Ω. Na jeho druhý konec v hamovně připojíme SWR-metr a naměříme na něm SWR kolem 1,5. Protože naše vedení má nyní impedanci 75 Ω a vstupní impedance transceiveru je 50 Ω, pokusíme se v další části tohoto článku upravit délku napáječe tak, aby SWR bylo ještě příznivější.



Obr. 2 - Délka vedení okolo 0,25 lambda

Tab. 5 - Zkracovací činitel linky	
Line typ CYR 2x1,5	
Délka linky	1,58 m
Vlnová délka mechanická (4x1,58)	6,32 m
Rezonanční frekvence	33,17 MHz
X při délce $\lambda/4$	2 Ω (min.)
Vlnová délka elektrická (300/f)	9,044 m
Zkracovací činitel vedení: $K = \frac{\text{mechanická délka}}{\text{elektrická délka}} = \frac{6,32}{9,044}$	0,698

Tab. 6 - Délka linky $\lambda/4$	
Line $\lambda/4$ pro 28,5 MHz	
Lambda (300/28,5)	10,52 m
Délka $\lambda/2$	5,26 m
Délka $\lambda/4$	2,63 m
Délka $\lambda/4 \times K$	1,84 m

3. Optimalizace antény a napáječe výpočtem

Parametry antén i napáječů lze počítat a pomocí výpočtů optimalizovat. V dnešní době jak jinak, než pomocí výpočetní techniky a internetu.

Následující část berte jako možnou inspiraci. Na internetové stránce <http://krasnodar.online.ru/hamradio/ant08.htm> (Osnovnyje formuly dlja razčeta antenn) najdete přímo spustitelný prográmeček pro výpočet antén - malý příklad jsme opsali do tab. 7. Stačí zadat kmitočet a ukrytý kalkulátor vypočítá celé sloupce čísel.

Nedávno se na internetové adrese <http://www.radioamater.cz> objevil ke stažení velice zajímavý program LINEIMP.exe pro optimalizaci vedení. Pro výpočet po nás chce, abychom vyplnili v příslušných buňkách hodnoty R_L , X_L , Z_0 , K_0 , Z_{OTRX} a kmitočet. Potom se můžeme pomocí šoupátka „napíchnout“ do libovolného místa vedení a pozorovat konkrétní poměry v tomto bodě v číselné i grafické podobě. Výpočty probíhají tak rychle, že pouhým posouváním šoupátka můžeme hledat např. optimální délku vloženého napáječe (tj. od svorek antény

A-B po svorky C-D). Výsledky pro oba kmitočty jsme uvedli v tab. 8 a 9. Pro kmitočet 28,5 MHz jsme v tab. 8 zadali hodnoty R_L a X_L na svorkách antény A-B, impedanci vloženého vedení $Z_0 = 120 \Omega$ a $K_0 = 0,698$. Za Z_{OTRX} jsme dosadili 50 Ω . Pro nalezenou délku napáječe 1,84 m pak vyšlo $R_S = 75,1 \Omega$ a malá hodnota $X_S = 15 \Omega$. Pro kmitočet 14 MHz nesmíme zapomenout dosadit jiné hodnoty R_L a X_L . Fyzická délka napáječe 1,84 m odpovídá 0,126 násobku λ , což do systému vnáší vyšší jalovou složku $X_S = 43,5 \Omega$. Tomuto stavu odpovídá SWR 2,2, což nás určitě neuspokojí. Naštěstí se dá vše vykompenzovat „kapacitou linky“, tj. celkovou délkou napáječe (od svorek C-D po E-F). Provedeme to opět pomocí tohoto programu tak, že za proměnné dosadíme právě vypočtené hodnoty na svorkách C-D. Šoupátkem najdeme takové impedanční poměry, při kterých se bude R_S co nejvíce blížit 50 Ω a X_S zase 0 Ω . Nejpriznivější nalezená délka byla 10,7 m a jí odpovídající SWR = 1,57. SWR změřené pro kontrolu několika přístroji (SX100, PM30, WM1) vzhledem k možnostem přístrojů vykazalo hodnoty lepší než 1,2 pro obě pásma.

Závěr

Naším dnešním úkolem bylo najít způsob, jak přizpůsobit jednu anténu pro dvě pásma. Dále jsme si ověřili, že pomocí modelování na počítači můžeme dosáhnout menších ztrát při přenosu energie z TRX do antény, jinými slovy - udělali jsme krok ke zvýšení efektivity našeho počínání ve snaze, aby naše anténa vyzařovala do éteru „tu větší část energie do ní přivedené“.

Jinak praktické zkušenosti z provozu s anténou Delta 14/28 nepřinesly extrémně lepší výsledky než s dipólem ve stejné výšce. Ale to už nesouvisí s dnešním tématem.

Použité prameny:

- [1] Program Lineimp (<http://www.radioamater.cz>)
 [2] <http://www.krasnodar.online.ru/hamradio/ant08.htm>

Tab. 7 - Některé výpočty okolo antén pro kmitočet 28,5 MHz realizované přímo na stránce <http://krasnodar.online.ru/hamradio/ant08.htm>

Počítaná veličina	Vzorec f [MHz]	Délka [cm]
Délka půlviné antény ve volném prostoru	15006/f	534,928
Délka reálné půlviné antény do 30 MHz	14274/f	509,785
Délka antény $1/4 \lambda$	7137/f	254,892
Délka antény 1λ	30653/f	1094,75
Délka smyčkové antény 1λ	30753/f	1077,192
Výpočet délky pro vedení 1λ	30000/f	1052,631

Tab. 8 - Hodnoty RS v místě připojení napáječe (svorky C-D) pro kmitočet 28,5 MHz

Dosazené hodnoty	Vypočtené hodnoty
$R_L = 200 \Omega$	$L/\lambda = 0,25$
$X_L = 40 \Omega$	$L_m = 1,84 \text{ m}$
$Z_0 = 120 \Omega$	$R_S = 75,1 \Omega$
$K_0 = 0,698$	$X_S = -15 \Omega$
$f = 28,500 \text{ MHz}$	$L_s = -0,08$
$Z_{OTRX} = 50 \Omega$	SWR = 1,61

Tab. 9 - Hodnoty RS v místě připojení napáječe (svorky C-D) pro kmitočet 14,35 MHz

Dosazené hodnoty	Vypočtené hodnoty
$R_L = 70 \Omega$	$L/\lambda = 0,126$
$X_L = -25 \Omega$	$L_m = 1,84 \text{ m}$
$Z_0 = 120 \Omega$	$R_S = 78,9 \Omega$
$K_0 = 0,698$	$X_S = 43,5 \Omega$
$f = 14,350 \text{ MHz}$	$L_s = 0,48$
$Z_{OTRX} = 50 \Omega$	SWR = 2,2

[3] <http://www.cebik.com/radio.html/>

[4] Program Radio Designer (ARRL)

[5] <http://www.antennex.com>

[6] Program RF Network Designer (KM5KG)