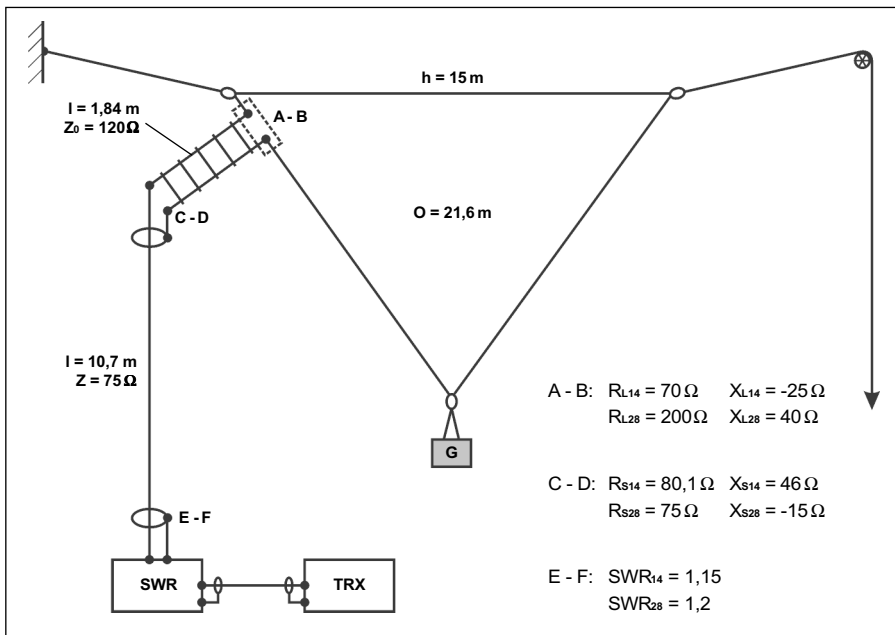


# Elektrotechnické měření (6)

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

Kmitočet [MHz]	$R_L$ [ $\Omega$ ]	$X_L$ [ $\Omega$ ]	$Z_L$ [ $\Omega$ ]
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

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

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 dvojitkou označenou CYR 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>. 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. Dvojitku 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  $\Omega$  klesla velikost činné složky impedance R na 75  $\Omega$  a X potom ze 40  $\Omega$  na 15  $\Omega$ . Nyní již můžeme na svorky C - D směle připojit koaxiální kabel 75  $\Omega$ . Na jeho druhý konec v hamovně připojíme SWR-metr a naměříme na něm SWR kolem 1,5. Protože naše vedení má nyní impedanci 75  $\Omega$  a vstupní impedance transceiveru je 50  $\Omega$ , pokusíme se v další části tohoto článku upravit délku napáječe tak, aby SWR bylo ještě příznivější.

## Měření na napáječi 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).

### 1. Měření elektrických hodnot na anténě

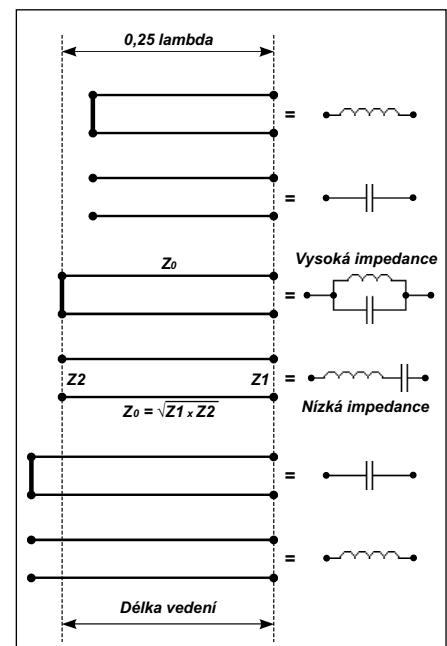
Na obr. 1 je celovlnná smyčková anténa DELTA. Pro pásmo 14 MHz je její délka 21,6 m. Napájení je z boční strany. Anténa byla původně připojena přímo na svorky A - B pomocí koaxiálního kabelu 75  $\Omega$ . Pomocí měřiče impedance (RF1, MFJ-259) změříme elektrické hodnoty antény na rozpojených svorkách 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

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 impedance
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

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 napáječi k anténě



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 $\Omega$ (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  $\Omega$ . 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  $\lambda$ , 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  $\Omega$  a  $X_S$  zase 0  $\Omega$ . 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 $1 \lambda$	30653/f	1094,75
Délka smyčkové antény $1 \lambda$	30753/f	1077,192
Výpočet délky pro vedení $1 \lambda$	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)