

# (TV) anténa Yagi se zalomenými prvky (1)

Jindra Macoun, OK1VR

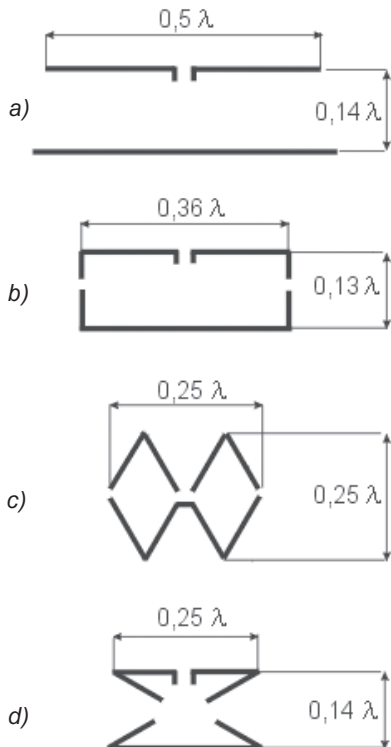
Návrh úpravy komerčních TV antén na amatérské pásmo 28 MHz, publikovaný v minulém čísle PE-AR, doplňujeme popisem modifikované konstrukce – ocelového ráhna s příchýtkami jednotlivých prvků. Všechny (rovné) prvky jsou však svislým zalomením zkráceny přibližně o 50 %, takže půdorysně „zabírají“ antény stejnou plochu jako původní TV antény na K1. Svisle orientované, zalomené části prvků z drátových vodičů jsou ukotveny na anténní stožár. Tím se realizace antény velmi usnadní.

Přeladění TV antén pro I. pásmo na přibližně poloviční kmitočet amatérského pásma 28 MHz, realizovaný „klasickým“ způsobem, tzn. prostým prodloužením přímých (rovných) prvků není mechanicky ani elektricky složité [1]. Prakticky o 100 % však zvyšuje nároky na prostor (na plochu a její „půdorys“) anténou zaujímaný, a tím také na poloměr otáčení konců anténních prvků.

Nároky na prostor pro antény jsou ostatně problémem většiny zájemců o provoz na KV pásmech.

Proto je tato problematika často probírána na internetu i na stránkách radioamatérské literatury.

Víme, že půlvlnný dipól můžeme zkrátit vloženou sériovou indukčností



Obr. 1. Charakteristické tvary a obrysová rozměry (v  $\lambda$ ) 2prvkových antén se zalomenými prvky jsou znázorněny v poměrném měřítku:

- a) 2Y – 2prvková Yagi,
- b) Moxon Rectangle,
- c) HEX-beam,
- d) DD-beam

nebo koncovou kapacitou, ale i kombinací obou způsobů. Praktická realizace není v těchto případech snadná z mechanických i elektrických důvodů. Zkrácením se anténa stává úzkopásmovou, nastavení zkracovacích prvků je obtížné a naladění zkracované antény je tedy kritické.

Snadněji lze aktivní, ale i pasivní přímé prvky zkrátit u antény Yagi jen jejich zalomením, takže anténa pak zabírá menší prostor, resp. menší půdorysnou plochu.

Protože se pro zkrácení nepoužije ztrátových prvků, zisk poklesne jen relativně málo oproti nezkrácené verzi.

Bylo navrženo, realizováno a popsáno několik tvarových modifikací klasické 2prvkové Yagiho antény se zalomenými prvky. Mezi nejrozšířenější patří především Moxon Rectangle (Moxonův obdélník, autor G6XN), dále tzv. HEX-beam (obrys celé konstrukce má tvar šestiúhelníku – hexagonu) a DD-beam (double delta – dvojice prvků deltovitého obrysu podle G3LDO). Autory dalších tvarových úprav jsou VK2ABQ, G4ZU [2].

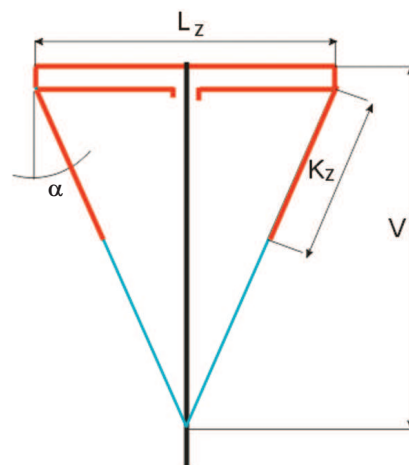
Na lehkou nosnou konstrukci, zhotovenou obvykle ze dvou až tří nevodivých (laminátových) úhlopříčných nosníků jsou napnuty zalomené prvky z drátových vodičů, což zhotovení antén tohoto druhu usnadňuje a zlevňuje.

Kromě DD antény jsou prvky ostatních tvarových modifikací „lámány“ jen v horizontální rovině, tzn. v rovině procházející původními přímými prvky horizontálně polarizované antény. Charakteristické tvary nejužívanějších typů jsou znázorněny v poměrném měřítku na obr. 1.

Zmíněné antény jsou popsány na četných stránkách internetových, ale také v našich časopisech [1, 2]. V Googlu postačí zadat typ antény a objeví se desítky stránek s odkazy na další linky.

Tab. 1 (rozměry  $V$ ,  $L_z$ ,  $K_z$  v mm)

$\alpha$ [°]	$V$	$L_z$	$K_z$	$G$ [dBi]	$Z$ [ $\Omega$ ]
0	$\infty$	2760	1550	1,6	170
15	5070	2760	1700	1,5	130
30	2350	2760	1820	1,3	83
45	1360	2760	1880	1,2	50



Obr. 2. Bočníkový (TV) dipól se svisle orientovanými ( $\alpha = 23^\circ$ ) zalomenými prvky (Cu dráty  $\varnothing 2$  mm), „naladěný“ na 28,2 MHz. Označené rozměry včetně elektrických parametrů jsou v tab. 1. Platí v podmínkách volného prostoru

Dále popisované modifikace je tedy možné označit za konstrukční varianty DD-beam využívající TV antény nejen jako nosné konstrukce zalomených prvků. Takové uspořádání se na webových stránkách neobjevuje.

## Zalomený dipól (TV) antény

Prosté prodloužení původních prvků TV antény „přeladěné“ na radioamatérské pásmo 28 MHz je sice elektricky jednoduché, konstrukčně náročnější, ale rozměrově nevýhodné, protože dvakrát zvětšuje poloměr otáčení vnějších konců antény.

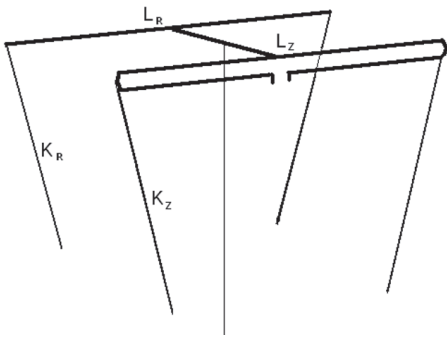
Svislým zalomením horizontálních prvků pomocí drátových vodičů, upevněných na koncích původních prvků, lze snadno realizovat anténu s menšími rozměry (i náklady) na nosné konstrukci původní (TV) antény.

Zatímco při určení délek prodloužených přímých prvků se vychází z poměru provozních kmitočtů (s přihlédnutím k jiné štíhlosti prodloužených prvků), je pro určení délky zalomených úseků účelné použít některý z anténních simulačních programů.

Napájecí vlastnosti antény (impedanci, resp. přizpůsobení) totiž ovlivňují nové poměry na zalomených „vysokoimpedančních“ koncových částech jednotlivých prvků, jako je kapacita, vzájemná vazba, ale i průměr, resp. štíhlost drátových vodičů, včetně jejich případné dielektrické izolace.

Zisk antény se zalomením poněkud sníží, protože se zkrátí střední část zářičů, vyzařující převážnou většinu vlnové energie, která podstatně přispívá k zisku antény. Zalomené, popř. jinak tvarované konce prvků naproti tomu ovlivňují spíše reaktanci antény, tzn. její rezonanci a tím i celkové přizpůsobení.

Výsledky modelování 1prvkové antény – bočníkového dipólu, realizovaného přidavnými drátovými vodiči ke (TV) skládanému dipólu na 50 MHz (dle obr. 2), přináší tab. 1. Ukazuje, jak se mění



Tab. 2 (rozměry L a K jsou v mm)

$\alpha$ [°]	$L_Z$	$K_Z$	$L_R$	$K_R$	G [dBi]	ČZP [dB]	$\Theta_{3E}$	$\Theta_{3H}$	Z [Ω]
∞	2760	1650	2960	1530	5,2	10,8	79	139	115
15	2760	1722	2960	1600	5,7	10,8	80	136	53
30	2760	1740	2960	1640	5,0	10,0	85	145	40

Obr. 3. 2prvková anténa s bočníkovým TV dipólem upravená na kmitočet 28,2 MHz svislým zalomením přímých prvků. Rozměry a vypočtené elektrické parametry jsou uvedeny v tab. 2. Platí v podmínkách volného prostoru

k místu upevnění jeho nenapájené části na ráhno antény. V ochranném krytu anténních svorek se vnitřní vodič napájecího kabelu spojí s protilehlou svorkou a stínění se připojí na svorku přilehlou.

Záření zalomených částí „vyplní“ minima původního „osmičkového“ diagramu dipólu. Tím se zmenší jeho směrovost a zisk antény klesne přibližně o 1 dB.

## Dvouprvková anténa

se zalomenými prvky (obr. 3) je se-stavena na ráhnu 3prvkové TV antény typu S 301 KL, která byla upravena na kmitočet 28,2 MHz vynecháním středního prvku a prodloužením přímých prvků [2], upevněných na koncové přičky ráhna s roztečí  $r = 1500$  mm, tzn.  $0,14 \lambda_{28,2}$  [2]. Tato rozteč vyhovuje pro sestavení dvouprvkové antény. (Např. rozteč obou prvků antény Moxon činí  $0,133 \lambda$ .)

Modelování ukázalo, že zisk antény i její přizpůsobení nepříznivě ovlivňuje poměrně malá vzájemná vzdálenost (a tím i velká kapacitní vazba) všech čtyř konců zalomených prvků, směřujících k společnému upevňovacímu bodu na stožáru pod úhlem  $\alpha > 15^\circ$ . Proto se od tohoto řešení **zatím** upustilo a oba prvky se lámou jen ve svislé rovině, kolmé k zemi dle obr. 3.

Rozměrové a elektrické parametry tohoto pokusného uspořádání přináší tab. 2.

Jak bylo již uvedeno [1], nelze 2prvkovou (ale ani 3prvkovou) anténu Yagi nastavit zároveň na maximální zisk i či-

nitel zpětného záření (ČZP). Proto se obvykle volí kompromisní nastavení „za“ maximem ČZP a „před“ maximem zisku, které je vždy na vyšším kmitočtu. Nastavením na maximální zisk se snižuje impedance a impedanční šířka pásma.

Je zřejmé, že se diagramy záření antén s přímými a zalomenými prvky podstatně neliší, což se ostatně shoduje s praktickými provozními poznatky. Hlavní předností těchto zkrácených antén je snadnější umístění (otáčení) v omezenějším prostoru a optimální výšce, která výrazně ovlivňuje zisk a elevační diagram a tím i předpoklady pro dálkovou komunikaci. V minulém čísle PE-AR to dobře znázorňují elevační diagramy na obr. 3 na straně 32.

Nezanedbatelným přínosem této „malé“ jednopásmové antény je pak možnost porovnat její účinky s různými, nahodile napnutými, ale „přizpůsobenými“ dráty, které jsou stále ještě používány.

## Literatura

[1] Macoun, J., OK1VR: (TV) anténa Yagi pro pásmo 28 MHz. PE 11/2010.

[2] Bocek, J., OK2BNG; Škácha, J., OK1DMU: Magické dvouelementové směrové antény na KV. Radioamatér 1 až 6/2002 (zejména části 1, 4 a 6).

[3] Macoun, J., OK1VR: Znovu o anténě Giesking. PE 3 a 4/2004.

[4] Macoun, J., OK1VR: Zalomené půlvlnné antény. PE 5 a 6/2004.

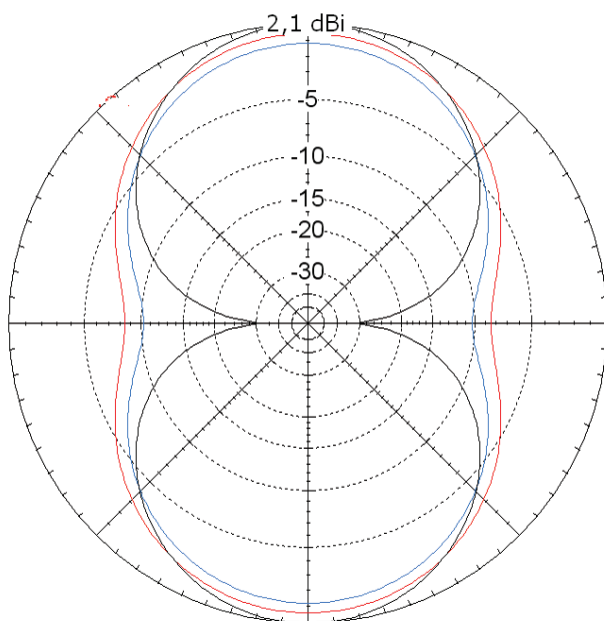
jeho zisk (G) a rezonanční impedance (Z) s délkou zalomených částí (K) v závislosti na úhlu zalomení ( $\alpha$ ), odečítaném ze svislé polohy. Úhel lze snadno nastavit vzdáleností (V), tzn. bodem ukotvení drátových vodičů ke stožáru. Rozměr V platí pro délku použitého skládaného TV dipólu  $L_Z = 2760$  mm.

Konce zalomených vodičů se ukotví ke stožáru izolační strunou.

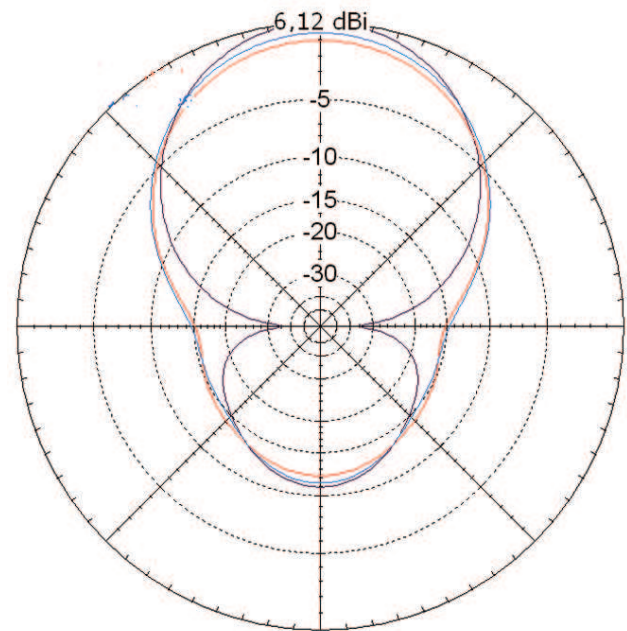
Impedance  $50 \Omega$  nebo  $100 \Omega$ , vhodné pro napájení zalomeného bočníkového dipólu dle obr. 2, se dosáhne přibližně s úhly  $\alpha = 45^\circ$  a  $25^\circ$ . Vyšší impedance je z hlediska širokopásmovosti výhodnější.

100ohmové napájení lze realizovat čtvrtvlnným transformátorem z koaxiálního kabelu  $75 \Omega$  stočeného na svorkách antény do cívky – indukčnosti, která splní i funkci symetrizační.

Při 50ohmovém napájení lze zabezpečit symetrizaci také tzv. koaxiálním napájením, při kterém je koaxiální kabel provlečen jednou polovinou skládaného dipólu, od anténních svorek



Obr. 4. Azimutální diagramy záření bočníkového (TV) dipólu na kmitočtu 28,2 MHz. Dipól přímý, prodloužený samonosnými nástavci  $\varnothing 16$  mm (černá), zalomený svislými vodiči  $\varnothing 2$  mm,  $\alpha = 0^\circ$  (modrá),  $\alpha = 23^\circ$  (červená)



Obr. 5. Azimutální diagramy dvouprvkové antény Yagi na kmitočtu 28,2 MHz ve volném prostoru. Prvky prodloužené samonosnými nástavci  $\varnothing 16$  mm (černá); prvky zalomené svislými vodiči  $\varnothing 2$  mm,  $\alpha = 0^\circ$  (modrá),  $\alpha = 23^\circ$  (červená)