

# SKELETON SLOT – – zapomenutá anténa (2)

Jindra Macoun, OK1VR

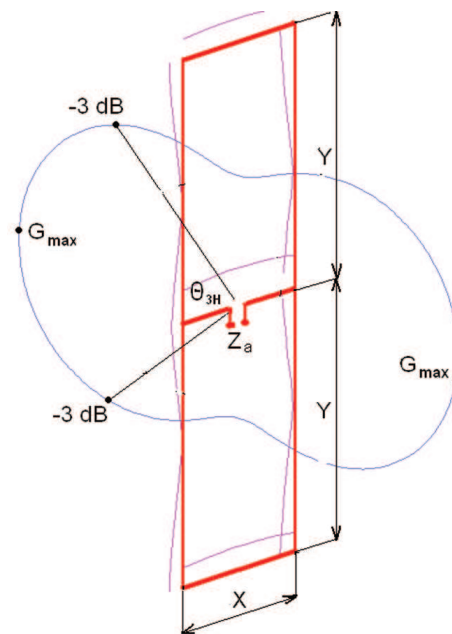
Ve 2. části článku se popisují napájecí a směrové vlastnosti drátové SKELETON SLOT antény [1] na amatérských KV pásmech 14 až 28 MHz. Tuto anténu dnes považujeme za dvojici těsně uspořádaných celovlnných pravouhlých smyček se společným napájeným prvkem. Proto jsou ještě v závěru stručně zmíněny elektrické parametry celovlnné smyčky.

## SKELETON SLOT 14 až 28 MHz

### Zářivé vlastnosti

Na KV pásmech ovlivňuje záření dipólových (nebo z dipólů odvozených) antén především jejich **výška** nad (určitou) zemí. Tato výška je na KV pásmech zpravidla srovnatelná s vlnovou délkou. Vy-  
chází se z diagramu záření antény ve vol-

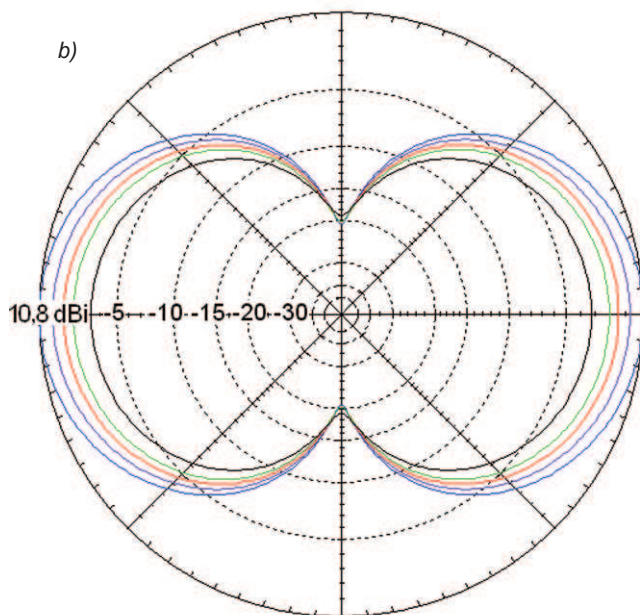
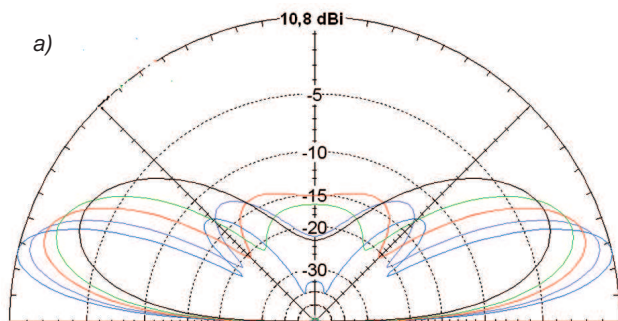
ném prostoru, a to v rovině, která bude při požadované provozní polarizaci antény kolmá k zemi. Předpokládáme-li provozní polarizaci horizontální (obr. 1), bude záření ve vertikální rovině (a tím i podmínky pro DX komunikaci) rozhodujícím způsobem ovlivněno právě úhlem záření v rovině kolmé k vodorovným prvkům (v rovině H), tzn. ve vertikální (elevační) rovině. Je-li tento diagram ve volném prostoru kruhový (všesměrový), měla by být výška antény nad zemí ( $h$ ) minimálně  $0,35 \lambda$ , aby anténa vyzařovala v úhlu příznivějším pro dálkovou (DX) komunikaci a nikoliv „pánu bohu do oken“, tzn. kolmo k obloze, kdy je vř energie vyzařovaná na pásmech 14 až 28 MHz prakticky ztracena. Pokud je ale ve volném prostoru diagram antény již směrový, tzn. že má vyjádřená maxima (obr. 2), tak se požadavky



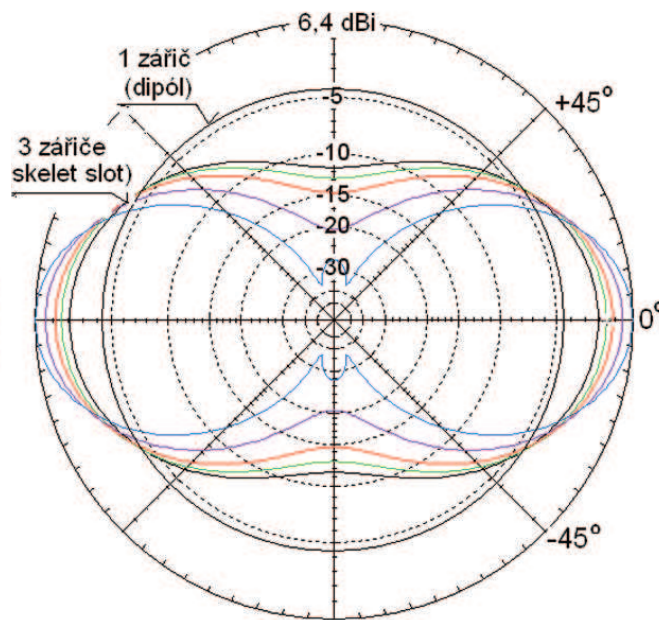
Obr. 1. Pohledové schéma antény SKELETON SLOT s elevačním diagramem záření ve volném prostoru a proudovým obložím na 21 MHz.  $\theta_{3H} = 64,4^\circ$ ,  $G_{max} = 5,3$  dBi; rozměry:  $X = 2,8$  m,  $Y = 5,7$  m

na výšku antény nad reálnou zemí snižují.

S přihlédnutím k výše uvedenému lze považovat záření z trojice nad sebou umístěných horizontálních zářičů SKELETON SLOT antény za výhodné, což je zřejmě jednak z diagramů záření ve volném prostoru ( $h = \infty$ ) na obr. 2, a z číselně vyjádřených směrových vlastností ve 4. sloupci tab. 1 na následující straně. V téže tabulce jsou dále číselné údaje odvozené z diagramů záření SKELETON SLOT antény umístěné jednak 10 m nad



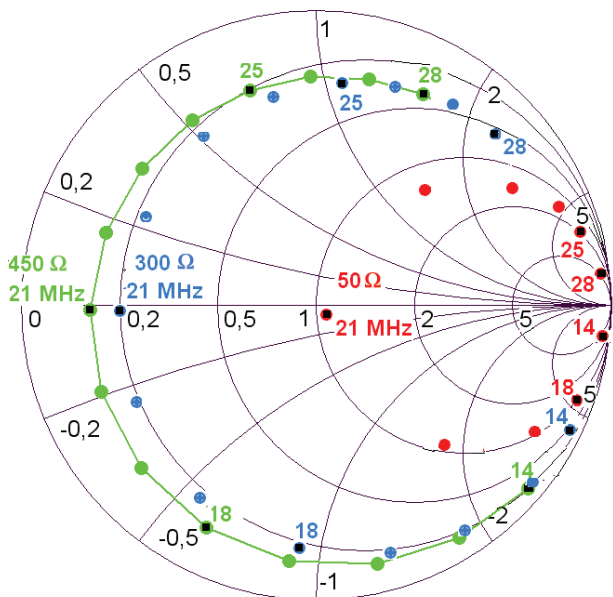
Obr. 3. Elevační (a) a azimutální (b) diagramy záření antény SKELETON SLOT ve výšce 10 m (5,3 m) nad reálnou zemí na pásmech 14 až 28 MHz. Azimutální diagramy (b) platí v elevaci maximálního zisku, kterou lze odečíst z diagramu (a). Proto se musí hodnoty maximálního zisku na obou diagramech shodovat. Číselné údaje na dB stupnici jsou vztaheny k maximálnímu zisku 10,8 dBi antény SKELETON SLOT na 28 MHz ve výšce 10 m (střed antény), resp. 5,3 (dolní prvek) nad zemí



Obr. 2. Elevační diagramy záření antény SKELETON SLOT ve volném prostoru na pásmech 14 až 28 MHz. Zároveň je pro porovnání zakreslen všesměrový (kruhový) diagram jediného zářiče se ziskem 2,14 dBi. Číselné údaje na svislé dB stupnici jsou vztaheny k maximálnímu zisku 6,4 dBi antény SKELETON SLOT na 28 MHz ve volném prostoru. Barevné rozlišení křivek: 14 MHz – černá, 18,1 MHz – zelená, 21 MHz – červená, 24,8 MHz – fialová, 28 MHz – modrá

f [MHz]	G [dBi] / $e_{l_H}$ / $\Theta_{3H}$ h = 10 m (5,3 m)	G [dBi] / $e_{l_H}$ / $\Theta_{3H}$ h = 6,7 m (2 m)	G [dBi] / $e_{l_H}$ / $\Theta_{3H}$ h = $\infty$
14	7,6 / 25° / 30°	6,1 / 31° / 40°	4,4 / 0° / 78,4°
18,1	8,9 / 20° / 23°	7,4 / 26° / 32°	4,9 / 0° / 70,8°
21	9,5 / 18° / 20°	8,1 / 23° / 28°	5,3 / 0° / 64,4°
24,8	10,3 / 15° / 17°	9,0 / 20° / 23°	5,9 / 0° / 55,2°
28	10,8 / 12° / 15°	9,6 / 17° / 20°	6,4 / 0° / 46,2°
	diagramy na obr. 3	nejsou zakresleny	diagramy na obr. 2

Tab. 1. Směrové vlastnosti SKELETON SLOT antény



Obr. 4. Impedance v pásmu 14 až 28 MHz na svorkách antény SKELETON SLOT „naladěné“ na 21 MHz dle tab. 1 [1]. Červené body platí na vlnové impedanci  $Z_0 = 50 \Omega$ , modré na vlnové impedanci  $300 \Omega$  a zelené na vlnové impedanci  $450 \Omega$

zemí ( $h = 10$  m výška středu antény,  $h = 5,3$  m výška dolního prvku), a pak ve výšce 6,7 m nad zemí, kdy je dolní prvek antény jen 2 m vysoko, tzn.  $0,1 \lambda$  na pásmu 14 MHz a  $0,2 \lambda$  na 28 MHz. Dále se pro každý kmitočet (pásmo) uvádí zisk  $G$  v dBi v optimální elevaci, tzn. úhlu maxima ve svislé rovině ( $e_{l_H}^\circ$ ), doplněný úhlem záření ( $\Theta_{3H}^\circ$ ), pro 3dB pokles intenzity vysílané/přijímané vlny energie. Výsledky platí pro umístění antény nad reálnou („zahradní“) zemí s parametry  $\kappa = 0,005$  S/m a  $\epsilon = 13$ . Vzájemné porovnání číselných údajů poskytují užitečné informace při instalaci antény v daných místních podmínkách.

Všechny údaje platí pro rozměry uvedené v tab. 1 v předchozím dílu [1] s tím, že samonosnými vodorovnými prvky jsou AI trubky  $\varnothing 20$  mm a svislými vodiči jsou holé Cu dráty  $\varnothing 2$  mm.

### Napájecí vlastnosti

znázorňují jednak impedanční křivky na Smithově diagramu (obr. 4) v pásmu 14 až 28 MHz, a z nich odvozené průběhy ČSV v pravouhlých souřadnicích na obr. 5. Křivka A, normalizovaná na impedanci  $50 \Omega$ , platí pro anténu dle obr. 1 a tab. 1 [1] „naladěnou“ na 21 MHz, kde je také anténa nejlépe přizpůsobena. Pásmo (kmitočet) 21 MHz proto „leží“ ve středu Smithova diagramu ( $\text{ČSV} < 1,2$ ), takže tam anténa nevyžaduje další „dopřizpůsobení“ pomocí ATU. Změnou rozměrů podle tab. 1 [1] je možné optimalizovat anténu na jiné pásmo z pěti tam uvedených. Z hlediska vyzařování je však i tato

„jednopásmová“ anténa použitelná na sousedních KV pásmech, jak to znázorňují diagramy záření na obr. 2 a 3 na předchozí straně. Její napájecí vlastnosti tam jsou ale již značně nevýhodné při obvyklém zapojení ATU na  $50 \Omega$  výstupu TRXu, nehledě na přídavné ztráty, které se za těchto okolností uplatní na „laděném“ koaxiálním napájecím s vlnovou impedancí  $50 \Omega$ . Použije-li se však při vícepásmovém provozu napájení s vyšší impedancí, zhorší se sice přizpůsobení na rezonančním kmitočtu 21 MHz, ale zároveň se poněkud zlepší ČSV na pásmech ostatních. Je to zřejmé z křivky B na obr. 5, normalizované na impedanci  $450 \Omega$ , kdy se jednak sníží nároky na dořadovací schopnosti ATU, a kdy zároveň klesnou přídavné ztráty stojatými vlnami na nízkoztrátovém „okénkovém“ napájecím  $450 \Omega$ . Za těchto okolností je proto účelné použít na výstupu TRXu symetrický ATU podle článku „Symetrické anténní tunery“ od OK2BUH [2].

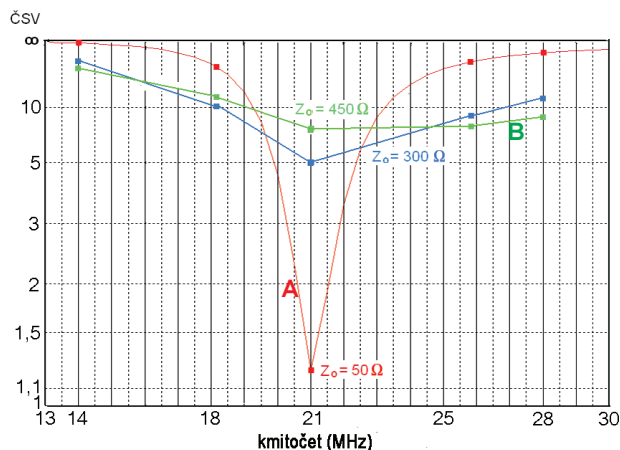
V pásmu 18 až 24,8 MHz lze zvolit napájení na vlnové impedanci  $200 \Omega$ .

### Celovinná pravouhlá smyčka

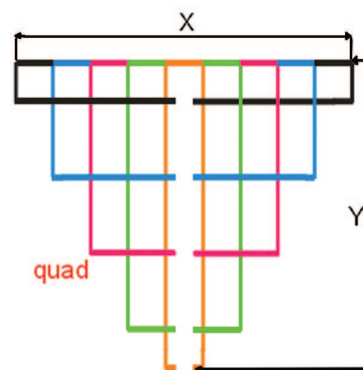
Popisovanou SKELETON SLOT anténu považujeme za dvojici celovinných pravouhlých smyček se společným, uprostřed napájeným prvkem. Její impedanční vlastnosti určuje především poměr stran ( $X/Y$ ) jedné smyčky. Obvyklý poměr  $1 : 1$  ( $0,25 \lambda \times 0,25 \lambda$ ) má smyčka čtvercová, známý QUAD neboli BIG

X/Y	X x Y [ $\lambda$ ]	$G_i$ [dB]	$Z_a$ [ $\Omega$ ]	K	
5	0,45 x 0,05	2,15	282	0,98x	– „skládaný dipól“
2,3	0,35 x 0,15	2,45	230	1,03x	
1	0,25 x 0,25	3,08	125	1,06x	– quad
0,43	0,15 x 0,35	4,04	40	1,05x	
0,11	0,05 x 0,45	3,96	4,7	0,97x	– „2x $\lambda/4$ vedení“

Tab. 2. Vliv poměrů a rozměrů stran pravouhlé celovinné smyčky na její zisk  $G$  a impedanci  $Z_a$



Obr. 5. Průběh ČSV v pásmu 14 až 28 MHz na svorkách antény SKELETON SLOT, naladěné na 21 MHz, je odvozen z impedančních křivek Smithova diagramu na obr. 4. Ukazuje názorněji průběh ČSV na napájecích s různou vlnovou impedancí



Obr. 6. Pravouhlé celovinné smyčky s různým poměrem svislých a vodorovných stran jsou znázorněny v poměrném měřítku

LOOP s impedancí kolem  $130 \Omega$  a se ziskem asi 3 dBi ve směru kolmém k rovině smyčky. Z obr. 6 a tab. 2 je zřejmý vliv různých poměrů a rozměrů stran ( $X, Y$ ) na zisk  $G$  a impedanci smyčky  $Z_a$ . Číselné údaje platí pro smyčky z Cu vodiče  $\varnothing 2$  mm. Koefficientem  $K$  je možné korigovat rozměry  $X$  a  $Y$ , aby se vykompenzovala malá reaktanční složka impedance, tzn. aby impedance měla jen reálnou složku. Zisk smyčky  $G_i$  (ve volném prostoru) je závislý na vzájemné vzdálenosti souřadnicově napájených vodorovných „X prvků“. Svislé „Y prvky“ jsou napájeny v protifázi, takže prakticky nevyzařují.

### Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: SKELETON SLOT – zapomenutá anténa (1). PE 6/2010.
- [2] Šperlín, M., OK2BUH: Symetrické anténní tunery. PE 1, 2 a 3/2010.