

Anténa Moxon nad zemí (2)

Jindra Macoun, OK1VR

Informace uvedené v 1. části článku [1] jsme uplatnili při výpočtu směrových a impedančních vlastností antény Moxon v pásmu 28 MHz, instalované v různých výškách nad zemí. Vypočtené údaje platí pro jednoduchou anténu Moxon, jejíž dva zalomené prvky (dipól a reflektor), zhotovené z Cu drátových vodičů o průměru 2 mm, lze napnout na jednoduchou (otočnou) nosnou konstrukci ze dvou úhlopříčných, popř. čtyř paprskovitých, přibližně 2 m dlouhých izolačních ráhén, svírajících protilehlé úhly 40° a 140° (obr. 1).

Do programu EZNEC+ jsme zadali rozměry A, B, C, D, E, vygenerované programem MoxGen (zaokrouhlené na mm), tak jak byly uvedeny v PE-AR 3/2011 na str. 31. Pro kontrolu jsou znovu uvedeny na obr. 1 a v tab. 1, a to jak pro kmitočty 28,2 MHz, tak také pro 50,1 MHz pro možnou realizaci antény na 6m pásmo, popř. pro sestavu antény dvoupásmové, ke které se vrátíme v dalším čísle.

Na kmitočtu 28,2 MHz program vypočetl a graficky znázornil elevační diagramy antény, umístěné v několika výškách, nad dokonalou (perf) a reálnou (real) zemí (obr. 2a až 2l na následující straně).

Připojený tabulkový přehled číselných parametrů (tab. 2) pak diagramy záření doplňuje podrobným číselným popisem směrových vlastností antén Moxon v uvedených výškách. Se shodnými parametry lze počítat i na jiných pásmech. Proto je také výška antény vyjádřena vlnovou délkou (desetiným číslem i osminami λ).

Grafické i tabulkové informace lze v mnohém zobecnit, takže mohou přispět k větší informovanosti o dalších okolnostech souvisejících s provozováním antén nad zemí, kterým by měli zájemci o provoz na KV (ale i VKV) pásmech věnovat pozornost.

Podrobněji k výsledkům

O čem nás tedy čísla v očíslovaných sloupcích tabulky spolu s diagramy záření informují:

Sloupec 1 a 2

● **Výška antény** nad dokonalou (perf) nebo reálnou (real) zemí, vyjádřená ve vlnové délce, odpovídající provoznímu kmitočtu (pásmu). Reálnou zemí se zpravidla rozumí země s vodivostí $\delta = 0,005 \text{ S/m}$ a dielektrickou konstantou $\epsilon = 13$ (parametry jiných druhů zemí viz PE 5/2008, str. 31).

Sloupec 3

● **Zisk antény G** v maximu hlavního laloku a **elevační (vertikální) úhel** tohoto maxima.

Zisk v dBi a elevační úhel jsou v podstatě polárními souřadnicemi barevně vyznačených bodů na křivce diagramu. Pokud diagram zobrazuje další maxima, platí uvedené údaje pro 1. maximum nad nulovou elevací.

● Je zřejmé, že s rostoucí výškou antény se snižuje vliv kvality země jak na zisk, tak i na elevační úhel 1. maxima.

Černý i červený bod se vzájemně přibližují.

● V porovnání s dipólem (zářícím ve volném prostoru a v rovině kolmé k podélné ose antény všesměrové) je u směrových antén, instalovaných ve stejné výšce, elevační úhel 1. maxima nižší, než udává graf na obr. 3 v 1. části článku (PE-AR 10/2011). Projevuje se to i u antény Moxon, která má ve volném prostoru zisk kolem 6 dBi, zatímco dipól $\lambda/2$ jen 2,15 dBi. U antén s větším ziskem je tento efekt výraznější. Pro vyzařování pod stejným elevačním úhlem může být ziskovější anténa instalována níže.

● Od jisté výšky antény ($h > 0,4 \lambda$) se zisk prakticky nemění, ale dále se snižuje elevace 1. maxima. Strmost změny však klesá s výškou, což by se mělo brát v úvahu při instalaci antén.

Sloupec 4

● Θ_{3H} je úhlovou šířkou hlavního, resp. 1. laloku elevačního diagramu. Jinými slovy – do elevací (el $-\Theta_{3H}/2$) a (el $+\Theta_{3H}/2$) je vyzařována jen polovina výkonu, popř. je z nich přijímán o 3 dB slabší signál.

Θ_{3H} s výškou rychle klesá, 1. lalok je „štíhlejší“, protože vř výkon se musí rozdělit do dalších laloků, které se tvoří ve výškách $h > 1 \lambda$.

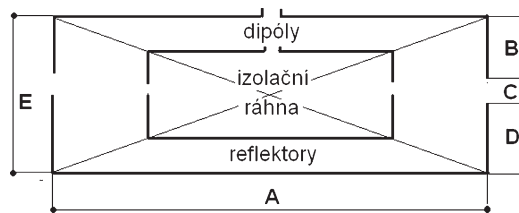
Sloupec 5

● Θ_{3E} je úhlovou šířkou hlavního, popř. 1. laloku elevačního diagramu v azimutální rovině optimální elevace „el“, tzn. že prochází jeho maximem. Θ_{3E} se s výškou antény podstatně nemění. Ovlivňuje azimutální směřování otočné antény.

Sloupec 6

● **ČSV** v posledním sloupci charakterizuje impedanci antény způsobením, tzn. činitelem stojatých vln, vztaheným k impedanci koaxiálního kabelu s vlnovou impedancí 50 Ω .

Tab. 2. Přehled číselných parametrů



Obr. 1. Schéma (dvoupásmové) antény Moxon (s rozměry dle tab. 1) je nakresleno v poměrném měřítku

f [MHz]	28,2	50,1
A	3865	2171
B	578	318
C	110	69
D	723	409
E	1412	796
Ø drátu	2	2

Tab. 1. Rozměry antény Moxon podle obr. 1 (v mm)

Anténa Moxon navržená pro kmitočty 28,2 MHz je velmi dobře přizpůsobena na počátku pásma, a to téměř nezávisle na výšce antény. V pásmu 28 až 28,5 MHz je ČSV $< 1,5$ při $h > 0,25 \lambda$.

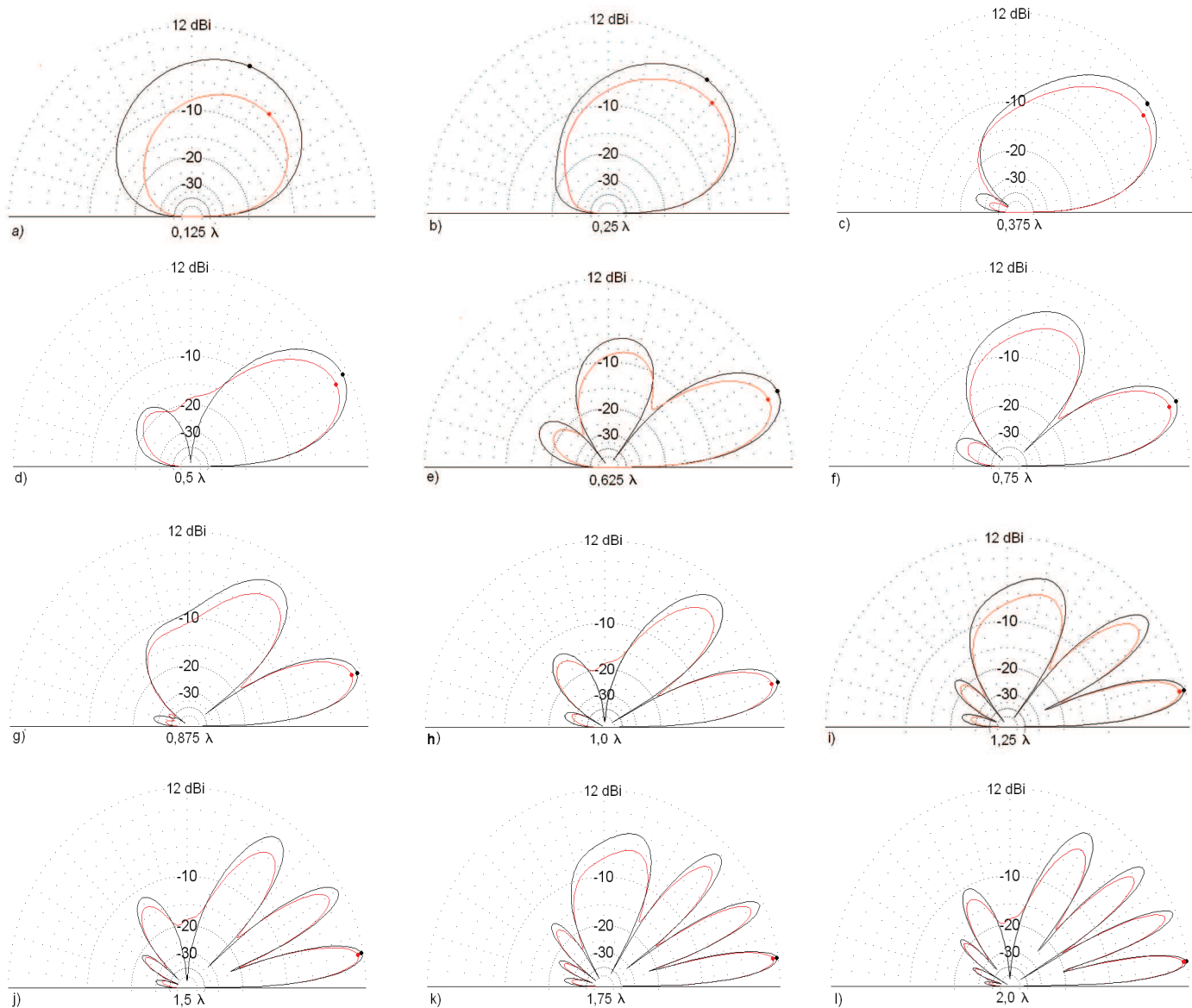
V tabulce se neuvádí číselník zpětného záření (ČZZ), který je ve všech výškách nad $h = 0,5 \lambda$ větší než 20 dB.

Malé rozdíly v zisku antény při různých výškách podle tab. 2 zdánlivě zpochybňují užitečnost úvah o výšce antény. Použijeme-li např. pro „jednoskokové“ (single hop) spojení odrazem od vrstvy E na vzdálenost 1000 km anténu Moxon ve výšce $0,25 \lambda$, bude do optimální elevace asi 10° zářít jen se ziskem 0,3 dBi. Tátáž anténa v optimální výšce $1,25 \lambda$ bude mít v této elevaci zisk asi o 12 dB vyšší. Tento zdánlivě nevelký přírůstek zisku (asi 2 S-stupně) se výrazněji projeví při podmínkách méně příznivých nebo když se pásmo začne „otevírat“.

Zóna odrazů

Víme, že k maximálnímu záření do různých elevací dochází interferencí přímého a od země odraženého vlnění (viz

1	2	3	4	5	6
h [λ]	země	G [dBi] / el [$^\circ$]	Θ_{3H} [$^\circ$]	Θ_{3E} / el [$^\circ$]	ČSV
0,125	perf	9,1 / 68	79,6	323 / 68	2,4
1/8	real	5,5 / 57	72,5	128 / 57	1,4
0,25	perf	9,3 / 49	62,6	107 / 49	1,3
2/8	real	8,4 / 45	61,9	96,6 / 45	1,1
0,375	perf	10,5 / 37	45,4	91,5 / 37	1,3
3/8	real	9,5 / 34	44,3	85,6 / 34	1,2
0,5	perf	11,6 / 28	32,3	86,2 / 28	1,3
4/8	real	10,5 / 27	31,8	82,4 / 27	1,2
0,625	perf	12,1 / 23	24,8	84,4 / 22	1,2
5/8	real	11,1 / 22	24,5	80,8 / 21	1,1
0,75	perf	11,7 / 19	20,1	81,4 / 19	1,1
6/8	real	11,0 / 18	20,0	79,2 / 18	1,0
0,875	perf	11,6 / 16	17,0	79,8 / 16	1,1
7/8	real	11,0 / 16	16,8	78,6 / 16	1,1
1,0	perf	11,9 / 14	14,7	79,8 / 14	1,2
	real	11,3 / 14	14,6	78,6 / 14	1,1
1,25	perf	11,8 / 11	11,6	78,8 / 11	1,0
	real	11,4 / 11	11,6	78,2 / 11	1,0
1,5	perf	11,9 / 10	9,8	78,6 / 10	1,1
	real	11,5 / 9	9,6	78,4 / 9	1,1
1,75	perf	11,9 / 8	8,2	78,4 / 8	1,0
	real	11,6 / 8	8,2	77,8 / 8	1,0
2,0	perf	11,9 / 7	7,1	78,2 / 7	1,1
	real	11,6 / 7	7,1	77,8 / 7	1,1



Obr. 2. Elevační diagramy horizontálně polarizované antény Moxon na 28,2 MHz v několika výškách nad dokonalou (černá) a reálnou (červená) zemí jsou znázorněny v bodové síti polárních souřadnic. Bodový odstup spolu s konstantním ziskem 12 dBi vnější polokružnice usnadňuje odečet a vzájemné porovnání směrových vlastností antény v různých výškách. Pro určení zisku se údaje svislé dB stupnice odečítají od 12 dBi. V přesnější číselné podobě pak parametry antény obsahuje tab. 2

PE-AR 10/2011), jehož zdrojem je anténa v určité výšce nad zemí.

Země pod anténou směřuje maximum záření horizontální dipólové antény „nahoru“, tzn. do elevace 90° , a to při $h \leq 0,25 \lambda$. Pro maximum záření do nižších elevací musí být anténa výše, aby její záření dopadalo k místu odrazu (v bodě T na obr. 1 v PE-AR 10/2011, str. 31) pod úhlem, přibližně shodným s požadovaným optimálním úhlem elevačním. Země a její kvalita se pak uplatňuje právě v okolí místa odrazu, v jisté vzdálenosti od instalované antény. Čím nižší je požadovaný elevační úhel, tím je zóna odrazů od antény vzdálenější, a optimální výška antény, resp. anténních stožárů větší. Za těchto podmínek jsou ve výhodě „panelákoví“ amatéři s anténami vysoko nad zemí, sice relativně nízko nad „panelákovou zemí“, tzn. obvykle rovnou střechou, která však záření prakticky neovlivní, pokud je anténa umístěna poblíž hrany orientované k odrazové zóně. [Viz též články „Vliv země na vlastnosti antén (3) a (4)“ v PE 7 a 9 / 2008.]

Tab. 3.

$h [\lambda]$	$\delta [^\circ]$	$D [\lambda]$
0,5	27	1
0,75	18	2,3
1	14	4
1,5	9	10
2	7	16
2,5	6	24
3	5	34

V tab. 3 je uvedena přibližná vzdálenost D mezi anténou Moxon a odrazovou zónou pro několik elevačních úhlů δ (z tab. 2) a odpovídající výšku antén h ($D = h/\text{tg } \delta$).

Údaje jsou ve vlnové délce λ , takže usnadňují přepočet na jiná pásma.

Poznámka, doplněk: V PE-AR 10/2011 na str. 32 si prosím opravte text pod obr. 3; správně má být: Obr. 3. Elevační úhly maxim a minim každé dipólové horizontální antény...

Literatura

[1] Macoun, J., OK1VR: Anténa Moxon nad zemí (1). PE-AR 10/2011.



Obrázek s kytičkovou anténou a houbovým transceiverem nám poslali Florence a Sylvio Faurezovi, F6FYP a F6EEM