

Anténa OK2HY na pásmo 435 MHz

Jindra Macoun, OK1VR

V PE 4/2011 popsal OK2HY jednoduchou 3prvkovou anténu Yagi pro převaděčový provoz na pásmu 430 – 440 MHz [1]. Změřil přizpůsobení a odhadl její zisk. Tatáž anténa byla nyní namodelována se záměrem ověřit a doplnit její elektrické vlastnosti a ukázat tak novým zájemcům účelnost modelování při návrhu nebo posuzování antén i na pásmech UHF.

Konstrukčně jednoduché a rozměrově jednoznačně uspořádání popsané antény usnadňuje její modelování a výpočet programem EZNEC [2] s poměrně přesným určením zářivých a napájecích vlastností v grafické i numerické podobě.

Nezbytnou základní informaci pro výpočet jsou rozměry antény dle obr. 1. Protože její anténní prvky včetně skládaného dipólu leží v jedné rovině, můžeme definovat souřadnice konců jednotlivých prvků jen dvojicí čísel, určujících jejich umístění (polohu) v pravouhlé souřadnicové soustavě X, Y. Prostorová souřadnice Z, kolmá k rovině XY, je u této antény nulová.

Vše je zřejmé z obr. 2, kde je anténa znázorněna v pravouhlé soustavě a doplněna souřadnicemi X, Y, Z všech dvanácti konců šesti vodičů (aktivních) částí antény, tzn. včetně krátkých spojek obou vodičů skládaného dipólu.

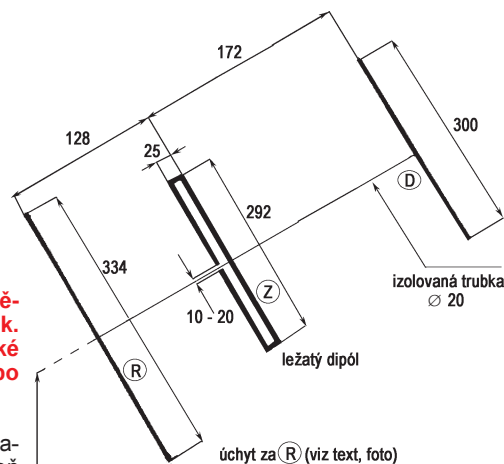
Všechny souřadnice antény (v mm) jsou uvedeny v tab. 1 (Wires) včetně počtu segmentů každého prvku, které jsou nezbytné pro výpočet anténních vlastnos-

tí momentovou metodou [3]. Sestavení tabulky Wires je nejpracnější, ale zároveň základní a nejdůležitější částí každé anténní simulace. V tomto případě je to však velmi jednoduché a snadné.

Do hlavního menu programu (tab. 2) se zadají další údaje (kmitočet, polarizace antény, vlnová impedance napáječe, materiál anténních prvků, rozměrové jednotky aj.), nezbytné pro výpočet vlastností a parametrů modelované antény. Po stisku tlačítka FF Plot program vypočte a znázorní její zářivé vlastnosti (obr. 3 a 4).

Tlačítka na levé straně menu se vyvolá výpočet vlastností napájecích (impedance, činitel odrazu, činitel stojatých vln) na jmenovitém kmitočtu, popř. v definovaném kmitočtovém pásmu. Výsledek se znázorní číselně i graficky jako funkce kmitočtu v pravouhlých souřadnicích nebo ve Smithově diagramu.

Tyto informace nejsou návodem na výpočet antén programem EZNEC [2]. Mají pouze naznačit, že praktická aplikace tohoto výpočetního programu není složitá. Podrobný popis modelování a výpo-



Obr. 1. Základní rozměry antény. Míry jsou v mm. Průměry prvků 2 až 3 mm. (Podle PE-AR 4/11, s. 32, obr. 2)

čtu elektrických vlastností antén byl před časem publikován v Radioamatéru [3]. Podrobný manuál, resp. návod k aplikacím použitého programu (EZNEC) lze stáhnout i z jeho demoverzí na stránkách www.ez nec.com [2].

Vypočtené vlastnosti antény

Zářivé, resp. směrové vlastnosti antény na daném kmitočtu charakterizují diagramy záření v rovině prvků (rovině E) a v rovině kolmé na prvky (rovině H) (obr. 3) platné v podmínkách volného prostoru. Náznornější představu pak nabízí prostorový 3D diagram. Z těchto diagramů se pak odvozují další charakteristické údaje jako:

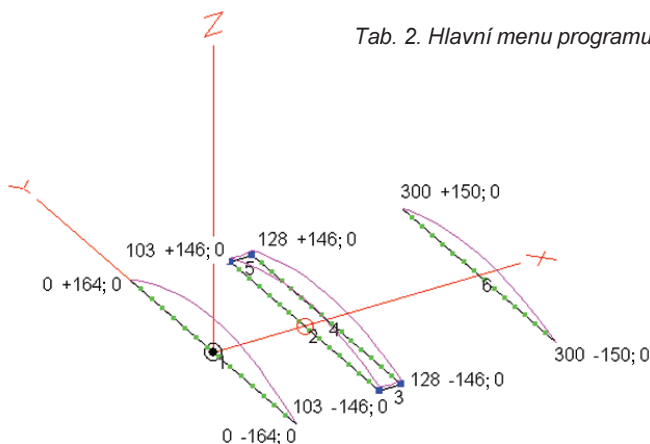
- Činitel zpětného záření/příjmu v dB.
- Úhly záření Θ_{3E} a Θ_{3H} , odpovídající 3dB snížení úrovně záření/příjmu (v každé rovině).
- Úroveň a úhlová orientace postranních laloků a minim (v -dB a ve stupních vzhledem k maximu).
- Zisk v dBi je vypočten integrací diagramů záření s přihlédnutím ke ztrátám v použitém materiálu.

Pro určení kmitočtové závislosti každého z uvedených parametrů se provádí jejich výpočet na několika kmitočtech provozního pásma. Např. u této antény, určené spíše pro převaděčový provoz, jsou

Tab. 1. Souřadnice antény

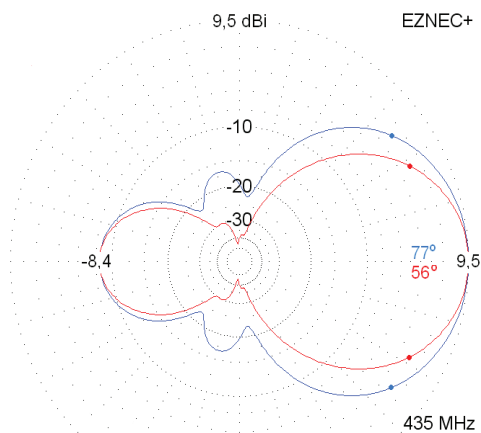
No.	End 1			Conn	End 2			Diameter (mm)	Segs
	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)		X (mm)	Y (mm)	Z (mm)		
1	0	-164	0		0	164	0	2	15
2	103	-146	0	W3E1	103	146	0	W5E2	2
3	103	-146	0	W2E1	128	-146	0	W4E1	2
4	128	-146	0	W3E2	128	146	0	W5E1	2
5	128	146	0	W4E2	103	146	0	W2E2	2
6	300	-150	0		300	150	0		2

Tab. 2. Hlavní menu programu EZNEC (vpravo dole)



Obr. 2. Anténa v pravouhlé soustavě XYZ se souřadnicemi (X, Y, Z = 0) konců všech (segmentovaných) vodičů a s jejich proudovým obložením na kmitočtu 435 MHz

EZNEC+ v. 5.0	
File	LAST.EZ
Frequency	435 MHz
Wavelength	689,178 mm
Wires	6 Wires, 62 segments
Sources	1 Source
Loads	0 Loads
Trans Lines	0 Transmission Lines
Transformers	0 Transformers
L Networks	0 L Networks
Ground Type	Free Space
Wire Loss	Copper
Units	Millimeters
Plot Type	Elevation
Azimuth Angle	0 Deg.
Step Size	1 Deg.
Ref Level	0 dBi
Alt SWR Z0	50 ohms
Desc Options	



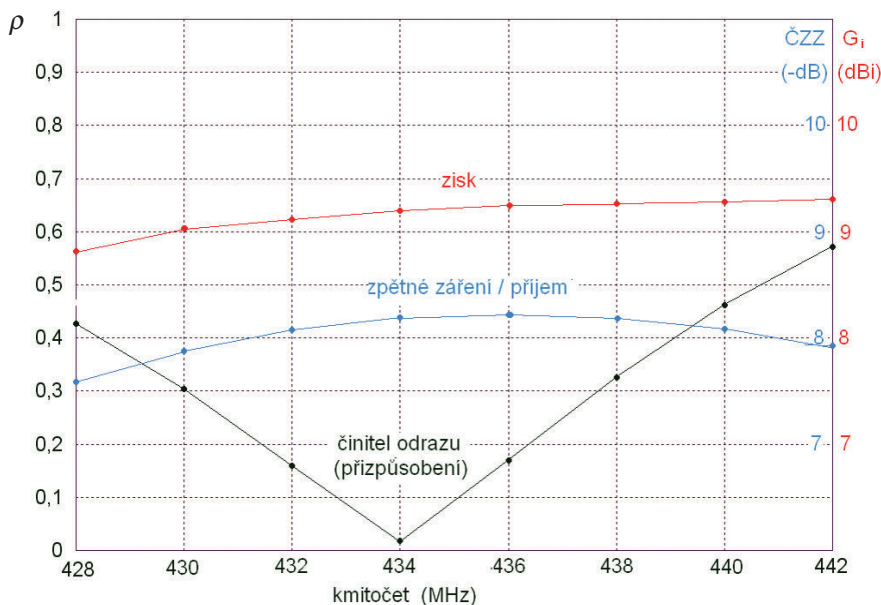
Obr. 3. Diagramy záření v rovině prvků – červený (rovina E) a v rovině kolmé na prvky – modrý (rovina H) na 435 MHz

to zejména vstupní a výstupní kmitočty převaděčů. Náznornou představu o kmitočtové závislosti měřených parametrů pak poskytne grafické znázornění výsledků na obr. 6.

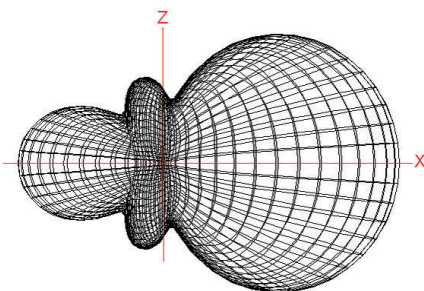
Napájecí vlastnosti antény na daném kmitočtu nebo v provozním pásmu charakterizuje impedance (na svorkách) antény nebo stručněji míra přizpůsobení k vlnové impedanci použitého napáječe (obvykle 50 Ω), vyjádřená činitelem stojatých vln ČSV (σ) nebo činitelem odrazu (ρ). Tlačítkem SWR lze zadat kmitočtový rozsah, ve kterém program tyto napájecí parametry vypočte a graficky znázorní v pravouhlém nebo Smithově diagramu.

Zhodnocení vypočtených výsledků

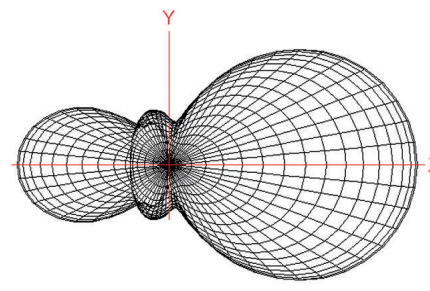
● Pozoruhodná je velmi dobrá shoda vypočtené impedance, resp. přizpůsobení antény s výsledkem měření, které provedl OK2HY na původním vzorku antény pomocí reflektometru, i když výpočet nepotvrdil tak „širokopásmové“ přizpůsobení, jaké bylo zjištěno reflektometrem. Příči-



Obr. 5. Průběhy zisku G_i , činitele zpětného záření ČZZ/příjmu ČZP a činitele odrazu ρ v pásmu 428 – 442 MHz názorně charakterizují provozní vlastnosti antény



Obr. 4a. Pohled na 3D diagram záření do elevační (svislé) roviny antény horizontálně (vodorovně) polarizované



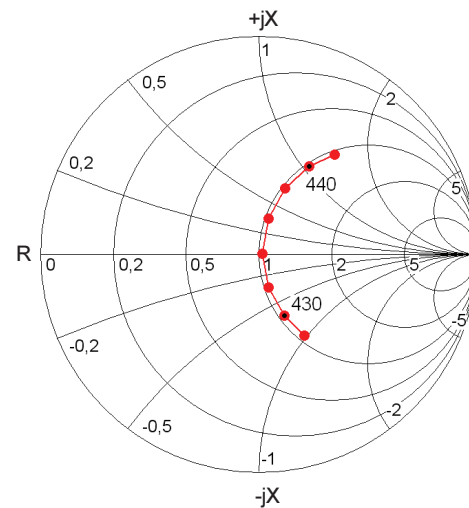
Obr. 4b. Pohled na 3D diagram záření do azimutální (vodorovné) roviny antény horizontálně (vodorovně) polarizované

nou může být např. vzájemné uspořádání antény a reflektometru při měření, resp. záření vnějšího pláště koaxiálního kabelu způsobené méně účinnou symetrizací.

● Vypočtený zisk 9,5 dBi (proti všesměrovému – izotropickému zářiči) dosahuje maximálně možných hodnot pro 3prvkovou anténu Yagi tohoto typu. Zisk v dBd (proti dipólu $\lambda/2$) je o 2,15 dB nižší. Nevelké potlačení zpětného záření/příjmu („pouze“ -8,5 dB) je ovlivněné poměrně malým vzájemným „rozladěním“ direktoru a reflektoru, nutným pro dosažení maximálního zisku. Na druhé straně to nastává impedance antény na svorkách skládaného dipólu, která by bez vlivu „ostře“ naladěných pasivních prvků neklesla tak výrazně z původní impedance skládaného dipólu (asi 280 Ω) na požadovaných a dobře přizpůsobených 50 Ω. Zdánlivě „velké“ zpětné záření se však při zamýšleném převaděčovém provozu nepříznivě neuplatní.

● Průběh přizpůsobení, vyjádřený činitelem odrazu (ρ), je pro vzájemné porovnání kmitočtové závislosti všech parametrů zakreslen také do grafu na obr. 6. Je vidět, že přizpůsobení antény se v uvedeném pásmu mění s kmitočtem více než zisk a zpětné záření/příjem („předozadní poměr“), které zůstávají víceméně konstantní.

● Vypočtené výsledky platí v podmínkách volného prostoru. Vzhledem k tomu,



Obr. 6. Normalizovaná impedance antény znázorněná ve Smithově diagramu. Násobením obou složek normalizované impedance (rezistance R a reaktance $\pm jX$) vlnovou impedancí napáječe 50 Ω se vypočtou jejich absolutní hodnoty v Ω

že jde o anténu pro pásmo UHF, která je zpravidla provozována několik vlnových délek nad zemí, tak tato „vzdálená“ země její vlastnosti prakticky neovlivňuje.

● Bude-li anténa provozována s vertikální polarizací, uplatní se při otáčení stožáru (modrý) diagram záření/příjmu dle obr. 3, resp. 3D diagram na obr. 4a s úhlem záření/příjmu 77°.

● Použije-li se anténních prvků o \varnothing 2 mm, tak se kmitočty nejlepšího přizpůsobení posune o 2 MHz směrem „nahoru“, na 436 MHz. Směrové vlastnosti se prakticky nezmění.

● Vypočtené údaje platí pro Cu vodiče \varnothing 3 mm. Při užití Al nebo Fe vodičů se sníží zisk antény o 0,02, resp. 0,25 dB.

● Anténu lze použít i na pásmu PMR. Pro optimální přizpůsobení na kmitočtu 446 MHz je třeba zkrátit všechny rozměry a rozteče prvků 0,97x, což odpovídá poměru kmitočtů 434/446.

Literatura

- [1] Havránek, Jiří, OK2HY: Přenosná anténa Yagi pro pásmo 435 MHz. PE-AR 4/2011.
- [2] Lewallen, Roy, W7EL: EZNEC – Antenna software. www.eznec.com
- [3] Šanda, Jiří, OK1RI: Modelování antén programem NEC. Části 1, 2, 3, 4. Radioamatér 3, 4, 5, 6/2001.

