

Anténa $1,25 \lambda$ (1)

Jindra Macoun, OK1VR

Tento článek obrací pozornost k jednoduché dipólové anténě o délce $1,25 \lambda$, jejíž směrové vlastnosti a zisk jsou skoro shodné s anténami G5RV [1] nebo W5GI [2], které jsou jen o $0,25 \lambda$ delší. Vysvětlují a popisují se zde její směrové a impedanční vlastnosti. Jako příklad praktického řešení se tato anténa navrhuje pro pásmo 14 MHz, včetně přizpůsobení.

Úvod

Dříve popisované „vícepásmové“ antény G5RV a W5GI byly navrženy se záměrem optimalizovat jejich směrové vlastnosti na kmitočtu, odpovídajícím rezonanční délce $1,5 \lambda$, obvykle v amatérském pásmu 14 MHz.

Napájení ve středu **rezonančních antén**, dipólů $1,5 \lambda$ dlouhých (lichý násobek půlvlny) zároveň usnadňuje přizpůsobení k vlnové impedanci běžného koaxiálního kabelu.

Na rezonančním kmitočtu má jejich impedance jen reálnou složku, která sice s výškou horizontální antény a kvalitou země kolísá, ale v dostatečné výšce nad zemí ($\geq 0,5 \lambda$), vhodné pro dálkovou radiokomunikaci (DX provoz), se podstatně nemění a pohybuje se kolem 110Ω .

Soufázové napájení obou krajních půlvlnných úseků $1,5 \lambda$ dlouhého zářiče antény G5RV, resp. všech tří půlvlnných úseků stejně dlouhého zářiče antény W5GI zúží v obou případech hlavní lalok vyzařovacího diagramu v rovině procházející podélnou osou antény – tedy v rovině E. Zářeni, soustředěné do menšího prostoru, tak ovlivní zisk antény.

Při praktickém provozu, s anténou v optimální výšce nad zemí, se to projeví zvětšeným ziskem pod příznivými elevačními úhly v obou směrech, kolmých k anténě, tzn. v rovině H, kde je diagram záření antény ve volném prostoru všesměrový.

Přírůstek zisku proti půlvlnnému dipólu činí v podmínkách volného prostoru u antény G5RV +2 dB, u antény W5GI +3 dB. Zde ovšem jen tehdy, podaří-li se shodně nafažovat všechny tři půlvlnné úseky. S kabelovými fázovacími členy je

to u antény W5GI z dříve uváděných důvodů [2] poměrně obtížné.

Tyto obtíže odpadají u jednoduché dipólové, **nerezonanční antény** $1,25 \lambda$ dlouhé, jejíž zisk se téměř shoduje s předpokládaným ziskem složitější antény W5GI, která je (jen) o čtvrtvlnu kratší. Protože je však **anténou nerezonanční** (její délka není celistvým násobkem půlvlny), má její impedance ještě reaktanční složku, což zdánlivě komplikuje přizpůsobení. Proto asi není nijak popularizována. Nelze ji také považovat za anténu vícepásmovou.

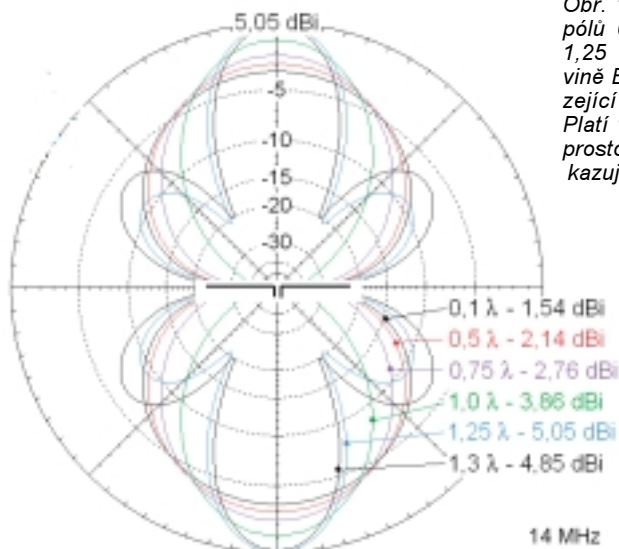
Záření dipólové antény $1,25 \lambda$

Z diagramů záření na obr. 1 je vidět, že všechny symetricky napájené dipólové antény s délkami do $1,25 \lambda$ (resp. $2 \times 0,625 \lambda$, nebo také $2 \times 5/8 \lambda$) mají **ve volném prostoru** charakteristický dvou-směrný („osmičkový“) diagram záření.

Diagramy znázorňují záření v rovině E, čili v rovině elektrické složky, která je rovnoběžná s podélnou osou antény. Jsou zakresleny v polárních souřadnicích, se stupnicí zisku v dB, vztaženou k zisku „maximálního“ dipólu ($2 \times 0,625 \lambda$), který činí prakticky 5 dBi v podmínkách **volného prostoru**.

V rovině magnetické složky H, která je kolmá k podélné ose antény, je diagram všech antén kruhový a do obr. 1 není pro jejich větší přehlednost zakreslen. Jsou to soustředěné kružnice, jejichž poloměr se shoduje s maximálním ziskem odpovídajících antén v rovině E.

U každé antény tak maximum diagramu přímo definuje její zisk v dBi za před-



Obr. 1. Diagramy záření dipólů $0,1 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 1,25$ a $1,3 \lambda$ dlouhých, v rovině E, tzn. v rovině procházející podélnou osou dipólů. Platí v podmínkách volného prostoru. Maximální zisk vykazuje dipól s délkou $1,25 \lambda$

Obr. 2. Zisk symetrického dipólu v závislosti na jeho délce v λ . Křivka platí pro antény ve volném prostoru

pokladu 100% účinnosti, tzn. při beze-ztrátovém a dokonalém přizpůsobení. Číselně vyjádřený zisk v dBi spolu s délkou dipólů doplňuje obr. 1. Lze jej také odečíst z dB stupnice polárního diagramu.

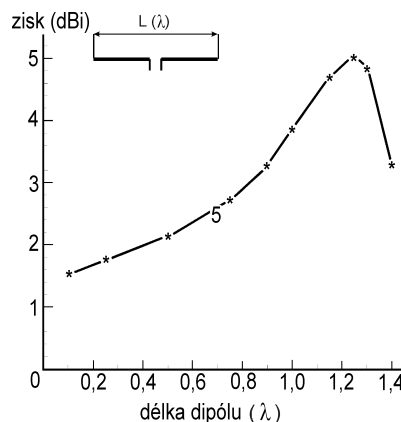
Měřítkem směrovosti jsou i úhly záření, nebo také úhly hlavního laloku, vyme-zující úhlovou oblast, kde vysílaný (příji-maný) signál neklesá pod -3 dB proti maximu.

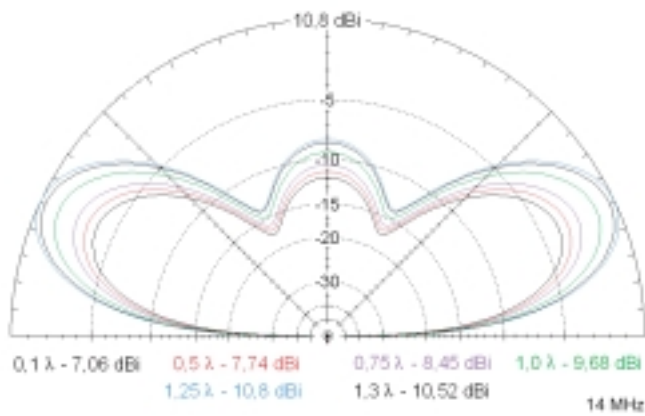
Užitečnou informací je také úroveň (nebo potlačení) postranních laloků v dB, vztažená k maximu. Hodnotám kolem -10 dB odpovídá maximální zisk antény. Větší úroveň (menší potlačení) postran-ních laloků signalizuje pokles zisku, i když se šířka hlavního laloku dále zužuje. U di-pólové antény k němu dochází při dél-kách nad $1,25 \lambda$. U antény $1,45 \lambda$ dlouhé se úroveň všech tří maxim vyrovnává a z antény se v podstatě stává anténa typu G5RV. Průběh zisku v závislosti na délce přizpůsobeného dipólu je na obr. 2.

U antény umístěné nad zemí se zisk zvětšuje. Demonstruje nám to obr. 3, znázorňující tvarově shodné diagramy záření horizontálních antén (dipólů) o dél-ce $0,1 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 1,25$ a $1,3 \lambda$ v rovině H, umístěných ve výšce $0,55 \lambda$. Maximum záření již není „neužitečně“ směrováno kolmo k obloze, tzn. pod ele-vací 90° , ale pod příznivějším elevačním úhlem 25° . K této výrazné a z hlediska (dálkové) radiokomunikace užitečné změ-ně dochází v rovině H, tzn. v rovině kolmé k podélné ose antény, kde jsou diagramy všech antén ve volném prostoru všesmě-rové.

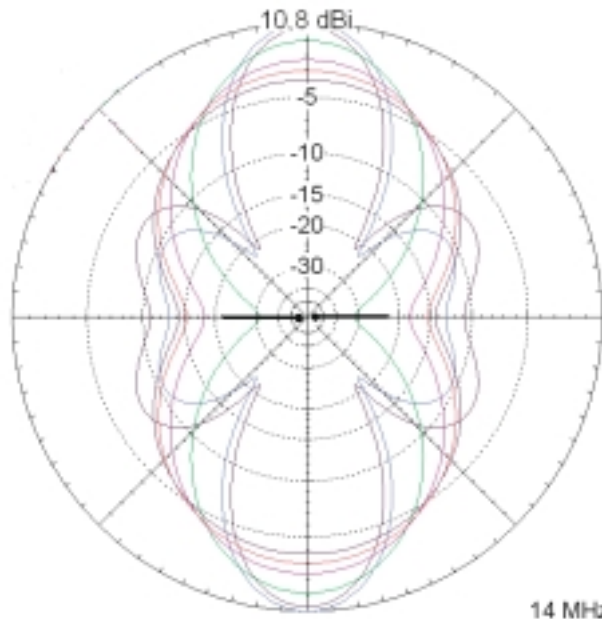
Naopak v rovině E, rovnoběžné s an-ténou, je nyní vyzařování v průměru o 10 dB nižší. Dokumentují to diagramy záření na obr. 4. Protože se velikost ma-xim dB stupnic na obr. 3 a 4 shodují, je z obou obrázků velmi zřetelná, v průměru o 10 dB vyšší úroveň záření do směrů kol-mých k anténě pod elevací 25° na obr. 3.

Zdánlivě překvapující může být maxi-mální zisk $1,25 \lambda$ dlouhé antény, umístě-né nad zemí, který činí $10,8$ dBi, resp. jeho zvýšení o průměrných $5,5$ dB proti zisku stejné antény ve volném prostoru (asi 5 dBi). Umístěním antény nad zemí se při stejném výkonu dodávaném anténě přibližně dvakrát (tj. o 3 dB) zvyšuje úro-veň záření do „poloprostoru“ nad zemí. Další, téměř 3 dB přírůstek zisku má „na svědomí“ zrcadlový obraz antény v zemi, který tvoří se skutečnou anténou, která se nachází v optimální výšce nad poměr-ně kvalitní zemí, dvoučlennou virtuální anténní soustavu, vyzařující v elevaci 25° .





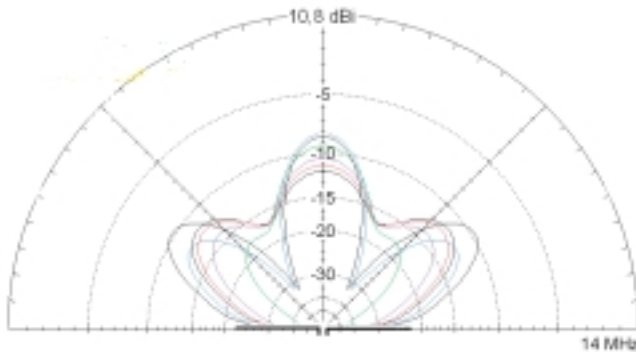
Obr. 3. Elevační diagramy záření dipólů s délkami $0,1 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 1,25$ a $1,3 \lambda$ v rovině kolmé k podélné ose antény (rovina H). Antény jsou ve výšce $0,55 \lambda$ (12 m) nad reálnou zemí. V této výšce se původní všesměrový diagram všech antén již štěpí ve dva laloky s elevací 25° s maximálním ziskem. Všechny diagramy mají stejný tvar a navzájem se liší jen ziskem



Obr. 5. Azimutální diagramy záření horizontálních dipólů s délkami $0,1 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 1,25$ a $1,3 \lambda$ ve vodorovné rovině pod elevací 25° . Antény jsou ve výšce $0,55 \lambda$ (12 m) nad reálnou zemí. Populárně řečeno jde o záření uvedené antény pod elevací 25° při pohledu „shora“

Obr. 3, 4 a 5 tak kompletně popisují vyzářování těchto antén ve třech navzájem kolmých rovinách. Jsou to vlastně řezy prostorovými (3D) diagramy

Obr. 4 (Vlevo). Elevační diagramy záření dipólů s délkami $0,1 - 0,5 - 0,75 - 1,0 - 1,25$ a $1,3 \lambda$ v rovině procházející podélnou osou dipólu (rovina E). Antény jsou ve výšce $0,55 \lambda$ (12 m) nad reálnou zemí. V této výšce se původní, ve volném prostoru „osmičkový“ diagram (dle obr. 1) minimalizuje, protože maxima záření jsou orientována do směrů kolmých k anténě (viz obr. 3)



Impedance antény $1,25 \lambda$

Jde o anténu nerezonanční, tzn. že její impedance má reaktanční složku. Zatímco zářivé vlastnosti dipólové antény se v celém rozsahu uváděných délek mění plynule a pozvolna, a nejsou tedy kritické, projdou napájecí vlastnosti antény, tzn. její impedance několika extrémními hodnotami, které ztěžují realizaci a využití antén určitých délek.

Krátký dipól ($< 0,4 \lambda$) se zprvu chová jako kapacita s velmi malou reálnou složkou, reprezentovanou menším až velmi malým vyzářovacím odporem.

Půlvlnný dipól prochází první rezonancí s nízkou („kabelovou“) odporovou složkou a následně pak celovlnný dipól druhou rezonancí (tzv. „antirezonancí“) s vysokou odporovou složkou, aby se ve třetí rezonanci s délkou $1,5 \lambda$ znovu vrátil tento dipólový zářič na poměrně nízkou reálnou složku impedance kolem 100Ω . S uvažovanou délkou $1,25 \lambda$, tj. mezi druhou a třetí rezonancí má pak impedance antény výrazně kapacitní charakter s vyšší odporovou složkou.

Vypočtená vstupní (svorková) impedance $Z_a = 147 \Omega - j 857 \Omega$ platí na kmitočtu 14 MHz pro anténu zhotovenou z holého Cu vodiče $\varnothing 1$ až 2 mm o délce $26,75 \text{ m}$ ($1,5 \lambda$) a ve výšce 12 m ($0,55 \lambda$) nad reálnou zemí ($\sigma = 0,005$, $\epsilon = 13$).

Bez přizpůsobení by tato impedance vyvolala na obvyklých napájecích 50Ω , 300Ω nebo 450Ω stojaté vlnění s nepříjemným ČSV > 100 , 19 nebo $14,5$.

Vypočtená nebo naměřená impedance je tedy základní výchozí informací pro výpočet přizpůsobení antény.

Přizpůsobení antény

Obecně je žádoucí přizpůsobovat také KV antény přímo na vstupních svorkách, aby se pak na napájecích objevilo jen minimální ČSV pro případné konečné „dopřizpůsobení“ pomocí anténního členu (ATU) na výstupu vysílače.

Z celé řady možností, jak přizpůsobit na KV pásmu (nerezonanční) dipólovou, $1,25 \lambda$ dlouhou anténu, se jeví jako nejvhodnější přizpůsobení pomocí dvou úseků symetrického vedení s vlnovou impedancí 450Ω , kterého se zároveň použije k napájení antény.

Principiálně jde o to, naladit anténu do rezonance beze změny její délky. Dosáhne se toho například paralelním vedením, zkratovaným v takové vzdálenosti od anténních svorek, aby se na sestavě anténa plus vedení rozložily (v našem případě) tři celé půlvlny. Pak se na paralelním vedení v určité vzdálenosti od zkratovaného konce najde místo s požadovanou impedancí, respektive s vlnovou impedancí napáječe.

I v amatérských podmínkách můžeme využít k návrhu přizpůsobení „obávaného“ Smithova diagramu pomocí dostupného programu SMITH V2.03, jehož demoverzi, vyhovující pro výpočet přizpůsobení naší jednoduché antény, najdeme na stránkách <http://fritz.dellsperger.net>.

Základní informace o Smithově diagramu, včetně jeho použití při přizpůsobování antén pomocí zmíněného programu, zveřejnil velmi srozumitelným způsobem OK2BUH [4]. Zároveň tam popisuje dnes již „klasický“ postup přizpůsobení, který lze na „smitáku“ zvládnout

jen s kružítkem a pravítkem, bez počítačového programu.

Také při práci se Smithovým diagramem je základní informací vstupní impedance antény.

Příště se pokusíme popsat přizpůsobení antény tak, aby mu porozuměli i ti, kteří s použitím „smitáku“ zatím nemají zkušenosti.

Předběžný závěr

Vzhledem k tomu, že přizpůsobení i vyzářování antény je optimalizováno jen v jednom pásmu, nelze ji považovat za anténu vícepásmovou. Uplatní se zejména při cílené radiokomunikaci, popř. v místech, kde jsou vhodné terénní podmínky (např. hluboké údolí) pro efektivní využití nízkoelevačního záření jen v jednom nebo dvou protilehlých směrech.

Anténu lze navrhnout i na jiné pásmo po přepočtu rozměrů v poměru kmitočtu.

Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: Anténa G5RV (1) a (2). PE 7 a 8/2007.
- [2] Macoun, J., OK1VR: Anténa W5GL. PE 11/2008.
- [3] Macoun, J., OK1VR: Antény, sousedé kabely a konektory (pro pásmo CB). AR B 1/1994 (s. 11 až 16).
- [4] Šperlin, M., OK2BUH: Impedance a antény (části 1, 2, 3). Radioamatér 3, 4, 5/2006.

(Pokračování)

