

Vliv země na vlastnosti antén (3)

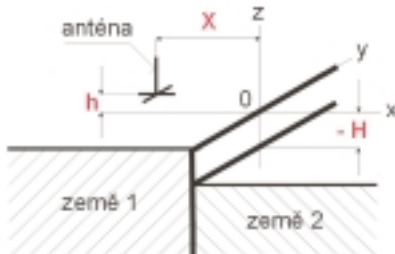
Jindra Macoun, OK1VR

V minulém příspěvku na stejné téma jsme zmínili zásadní rozdíl mezi vyzařováním horizontálních a vertikálních antén, jsou-li instalovány relativně nízko nad zemí. Přestože země ovlivňuje účinnost vertikálních antén nepříznivěji, jsou z hlediska běžné radiokomunikace na amatérských KV pásmech výhodnější. Proto se budeme v dalším zabývat převážně anténami s touto polarizací, konkrétně anténami typu GP.

Později bude popsáno záření vertikálních antén GP nad rozhraním dvou zemí, což by mělo přispět k reálnějšímu pohledu na podmínky, ve kterých se antény provozují a které jejich činnost ovlivňují.



Obr. 1 a. Anténa je ve výšce h , popř. ještě ve vzdálenosti X od převážně rovného rozhraní dvou zemí (mořského či jezerního pobřeží, suché a mokré země apod.)



Obr. 1 b. Anténa je ve výšce h , popř. ještě ve vzdálenosti X od převážně rovného, ale stupňového (příkrého) rozhraní obou zemí, které nejsou ve shodné výšce (vysoké pobřeží, dlouhá stavba – „panelák“ apod.)

Zatím se počítalo s tím, že země definovaných parametrů je homogenní co do rozlohy i hloubky v celé oblasti, která ovlivňuje vlastnosti antény. V praxi však tento předpoklad obvykle nebývá splněn. Složení země (půdy), není homogenní, antény mohou být na rozhraní různých typů země, které také nemusí ležet v jedné rovině. Vypočtené údaje, vycházející z parametrů jediné země, pak nevystihují reálné poměry a mají víceméně orientační charakter.

Výpočetní program EZNEC však může popisovat prostředí, resp. zemi ovlivňující vyzařovací vlastnosti antén přesněji [1]. Za jistých předpokladů může program počítat se dvěma druhy zemí. V EZNECu je konkrétní typ země označován jako **medium** s danými parametry – měrnou vodivostí σ (mS/m) a permitivitou, resp. dielektrickou konstantou ϵ .

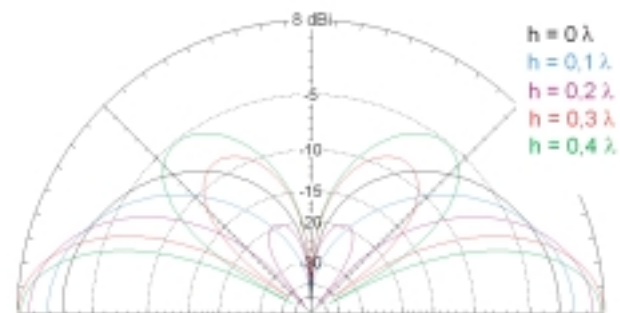
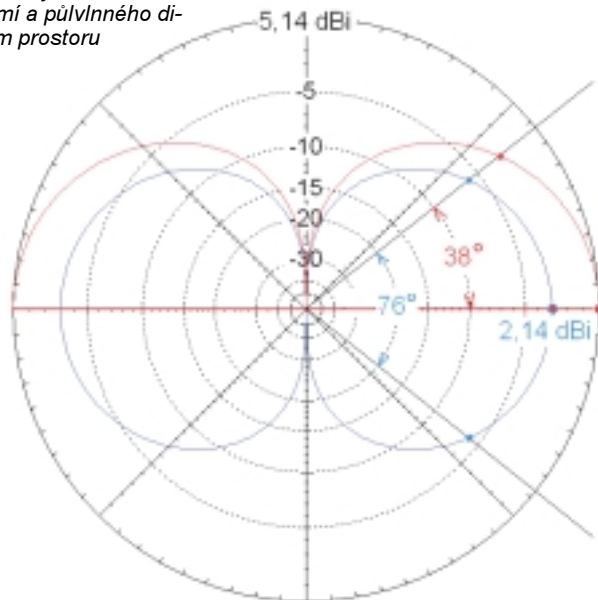
Hranice obou zemí (medií) může být buď **rovná** (linear boundary), dělicí „ne-

konečnou“ zemní rovinu na dvě „poloroviny“, **nebo kruhová** (circular boundary), kdy jeden typ země tvoří jakýsi ostrov uprostřed nekonečné plochy druhé země. V obou případech pak ještě nemusí ležet obě země ve shodné rovině (obr. 1).

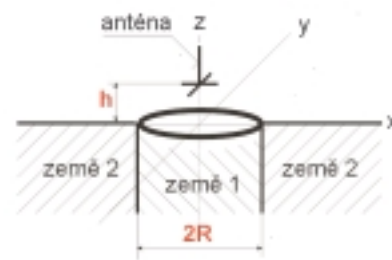
Protože kombinace dvou zemí s různými parametry značně komplikuje matematické problémy při výpočtu anténních vlastností, zavádějí se tato zjednodušení:

- Jeden, řekněme základní typ země, označovaný v programu jako **medium 1**, je vždy v nulové výšce.

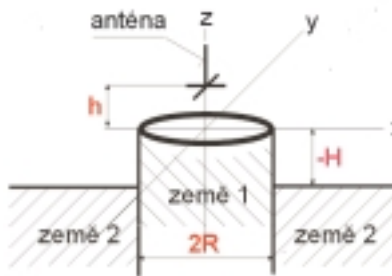
Obr. 4. Elevační diagramy čtvrtvlnného unipólu nad ideální zemí a půlvlnného dipólu ve volném prostoru



Obr. 3. Elevační diagramy referenční antény GP nad ideální zemí ve výškách $h = 0 - 0,1 \lambda - 0,2 \lambda - 0,3 \lambda - 0,4 \lambda$. Údaje na svislé dB stupnici jsou vztaženy k maximálnímu zisku 8 dBi antény GP pro $h = 0,3 \lambda$



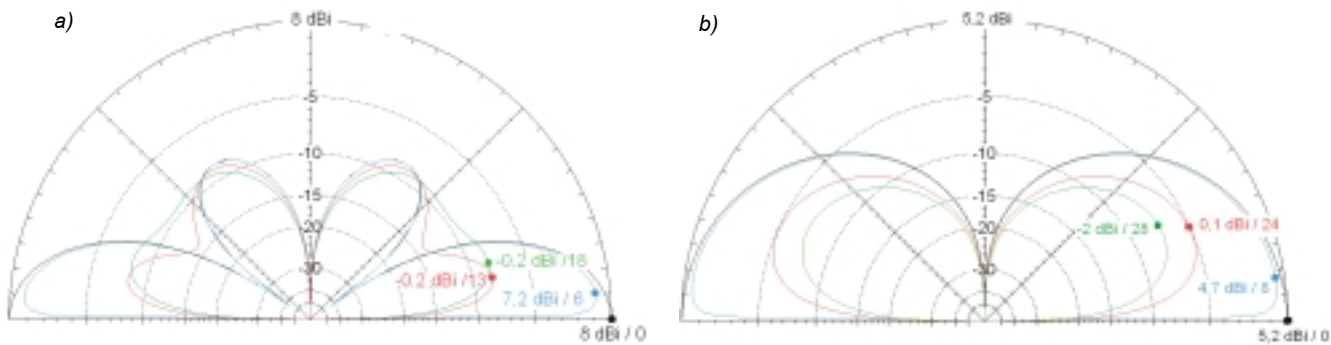
Obr. 2 a. Anténa je ve výšce h , uprostřed kruhového rozhraní, popř. uprostřed kruhové městské zástavby s průměrem $2R$ apod.



Obr. 2 b. Anténa je ve výšce h nad zvýšeným kruhovým rozhraním o poloměru R , popř. nad kruhovou výškovou budovou, $-H$ nad okolní zemí. Malý až velmi malý poloměr kruhového rozhraní prakticky modeluje anténu na věži (rozhledně) nebo stožáru

Druhý typ země – **medium 2**, leží buď ve stejné úrovni, nebo níže. Jeho výška H je proto vzhledem k základní nulové výšce media 1 buď nulová, tedy shodná, nebo negativní.

- Napájecí vlastnosti antény, tzn. její impedance, daná v proudy v anténních vodičích, je počítána jen vzhledem k parametrům jednoho, anténě obvykle nejbližšího typu země – media 1. Jinými slovy – druhý typ země (medium 2), se ve výpočtu napájecích vlastností antény neuplatňuje, i když ji pochopitelně také částečně ovlivňuje. Její vliv však zohledňují výpočty vlastností vyzařovacích, tzn. zisk a diagram záření, což je podstatné.



Obr. 5. Elevační diagramy antén GP ve výšce $h = 0,3 \lambda$ (obr. 5 a) a ve výšce $h = 0,01 \lambda$ (obr. 5 b): nad ideální zemí ($\sigma = \infty, \epsilon = \infty$); nad hladinou mořské vody ($\sigma = 5, \epsilon = 80$); nad reálnou, „zahradní“ zemí ($\sigma = 0,003, \epsilon = 13$); nad zastavěnou zemí ($\sigma = 0,001, \epsilon = 4$). Údaje na svislé dB stupnici jsou vztaheny k maximálnímu zisku antény GP nad ideální zemí ve výšce $0,3 \lambda$ (obr. 5 a) a $0,01 \lambda$ (obr. 5 b). Na každém diagramu je uveden zisk antény v optimální elevaci

V praxi se konfiguracím dvou různých zemí přibližují situace, kdy jsou antény instalovány např. na rovném nebo mírně zvlněném břehu moře nebo jezera, nebo na ostrově vodou obklopeném (častá expediční QTH) apod.

V našich vnitrozemských podmínkách pak může být „ostrovem“ výšková budova uprostřed nižší zástavby nebo jiného prostředí. Lineárním rozhraním mohou být např. hranice lesů a polí apod.

Nezbytnými údaji pro výpočty zářivých vlastností (zisku, diagramů záření nebo elevačních úhlů) modelovaných antén, instalovaných nad dvojí zemí, jsou kromě vodivosti σ a dielektrických konstant ϵ ještě rozměry, popisující polohu dané antény nad rovným nebo kruhovým rozhraním obou zemí, jak to naznačují obr. 1 a 2.

U rovného rozhraní (linear boundary) určuje polohu antény výška h (souřadnice z) nejnižšího bodu antény a vzdálenost X (souřadnice x) směrem „do“ země 1, popř. ještě „záporná“ výška $-Ht$ (souřadnice z), neleží-li obě země v jedné rovině.

U kruhového rozhraní (circular boundary) určuje polohu antény rovněž výška h a poloměr kruhového rozhraní R , který je hranicí obou zemí, popř. ještě „záporná“ výška $-Ht$, o kterou činí kruhová země 1 nad okolní zemí 2. Poloměrem R je definována centrální a jediná poloha antény ve středu kruhu o průměru $2R$. Původní všesměrový azimutální diagram záření antény GP tak není dvojí zemí deformován, protože se vždy počítá s anténou ve středu kruhu.

Texty k obr. 1 a 2 přibližují znázorněné konfigurace obou zemí praktickým případům, ke kterým se příště vrátíme.

Referenční (vztažné) antény

Názornější představy o vlivu rozměrových parametrů na vlastnosti antén nabízejí spíše grafické průběhy než tabulkové formy. Jsou užitečné i při vzájemném porovnávání antén nad (různou) zemí, která jejich vlastnosti ovlivňuje.

Vypočtené nebo naměřené údaje se obvykle vztahují k parametrům nějaké referenční, neboli normálové antény. Pro vertikální antény je referenční anténou obvykle čtrvrlinný unipól (nebo monopól) nad ideální zemí, tzn. nad bezeztrátovou a dostatečně velkou protiváhou. Elevační diagram záření takového unipólu v nulové

výšce ($h = 0$) nad ideální protiváhou (obr. 3) charakterizují tyto parametry:

$G_i = 5,14$ dBi, tj. zisk proti izotropickému (všesměrovému) zářiči nebo

$G_d = 3$ dBd, tj. zisk proti půlvlnnému dipólu a

$\Phi_{3E} = 39^\circ$ elevační úhel záření, nebo také úhel „polovičního výkonu“ ve svislé rovině.

Méně informovaní mohou pochybovat o zisku 3 dBd proti půlvlnnému dipólu, jehož zisk je o 3 dB nižší a činí „pouze“ 0 dBd, resp. 2,14 dBi. Za předpokladu, že jsou obě antény (unipól nad ideální zemí a dipól ve volném prostoru) napájeny stejným výkonem, vyzařuje tento výkon čtrvrlinná anténa pouze do polovičního prostoru. Na obr. 4 jej představuje polovina elevačního diagramu půlvlnné antény. Druhá („zrcadlová“) polovina pod vodivou protiváhou prakticky neexistuje, takže vyzařovat nemůže. Proto je maximální úroveň („nadzemního“) záření unipólu v rovině horizontu dvojnásobná, resp. o 3 dB vyšší, a odpovídá elevačnímu úhlu záření 39° v celém azimutu 360° . Elevační úhel záření půlvlnné vertikální antény ve volném prostoru je prakticky dvojnásobný, proto má vůči unipólu o 3 dB nižší zisk (obr. 4). Uvedené pochopitelně platí za předpokladu, že obě antény jsou dobře přizpůsobeny.

Prakticky stejně jako unipól září klasická anténa GP se čtyřmi radiálními prvky, pokud leží těsně nad ideální zemí. Když se výška GP antény zvětšuje, tak její zisk stoupá vlivem příznivější vzdálenosti mezi anténou GP a jejím zrcadlovým obrazem. Obě spolu totiž tvoří virtuální, dvočlennou, soufázově napájenou anténní soustavu. Nad ideální zemí může její zisk teoreticky dosáhnout až k 8 dBi při výšce antény GP 0,25 až 0,35 λ , tzn. při optimální vzdálenosti mezi anténou GP a jejím zrcadlovým obrazem. Ta je dvojnásobná a činí 0,5 až 0,7 λ , takže není v oblasti maxima kritická. Zisk se zde mění jen o 0,3 dB. Poté ale začne již rychle klesat. Charakteristickým znakem optimální vzdálenosti, tzn. maximálního zisku je úroveň vedlejších (druhých) laloků vzhledem k maximu elevačního diagramu. U dvočlenné soustavě je to přibližně -9 dB, jak je to ostatně zřejmé z obr. 3.

Zisk v dBi na společné decibelové stupnici je vztažen k maximálnímu zisku antény GP ve výšce 0,3 λ nad ideální zemí, kdy činí téměř 8 dBi v rovině horizontu.

Aby bylo možné porovnávat antény za přibližně stejných podmínek, jsou na

obr. 3 referenční diagramy antén GP v několika výškách.

Anténa GP nad reálnou zemí

Zajímá-li nás vliv země na vlastnosti antén, můžeme využít vypočtených diagramů k vzájemnému porovnání antén v různých reálných podmínkách. Na otázku, jaká by např. měla být optimální výška antény nad reálnou zemí, nám nabízí odpověď obr. 5.

Znázorňuje elevační diagramy antény GP ve výšce 0,3 λ nad:

- ideální zemí,
- mořskou hladinou (je ideálním poměrem nejbližší),
- „zahradní“ zemí (pro „vnitrozemce“ je to země „ideální“, ale často nedosažitelná),
- zastavěnou zemí, obklopující naše QTH nejčastěji.

Na první pohled je zřejmý téměř nezatelný rozdíl mezi ideální zemí a podmínkami, které pro umístění antény GP představuje hladina slané mořské vody. Minimální pokles zisku ($-0,8$ dB) s elevačním úhlem 6° maximálního záření jen potvrzují, za jak ideálních podmínek pracuje většina expedic na těch nejmenších ostrovech uprostřed světových moří. Podstatně horší jsou již ostatní typy zemí, nad kterými se radioamatérský provoz většinou odbývá.

Diagramy také názorně demonstrují výrazný vliv zemních ztrát „špatných“ zemí na záření pod nízkými elevačními úhly. Nejlépe je to patrné na vedlejším laloku. Jeho úroveň v dB i elevace se nad ztrátovější zemí téměř nemění, zatímco záření pod nižšími elevačními úhly je nad „špatnou“ zemí značně tlumeno. Nad špatnou zemí proto obecně září antény do vyšších elevačních úhlů, z hlediska dálkového provozu nevýhodně.

Dokazují to i diagramy na obr. 5 b, které zobrazují záření stejné antény ve výšce 0,01 λ .

(K anténám nad rozhraním dvou zemí se vrátíme v příštím pokračování)

Literatura

[1] Jansen, G., DF6SJ: Monopollantennen und Vertikalantennen (Analyse von Antennenstrukturen). Kempton 1999, ISBN 3-88006-178-5.