

Vliv země na vlastnosti antén (4)

Jindra Macoun, OK1VR

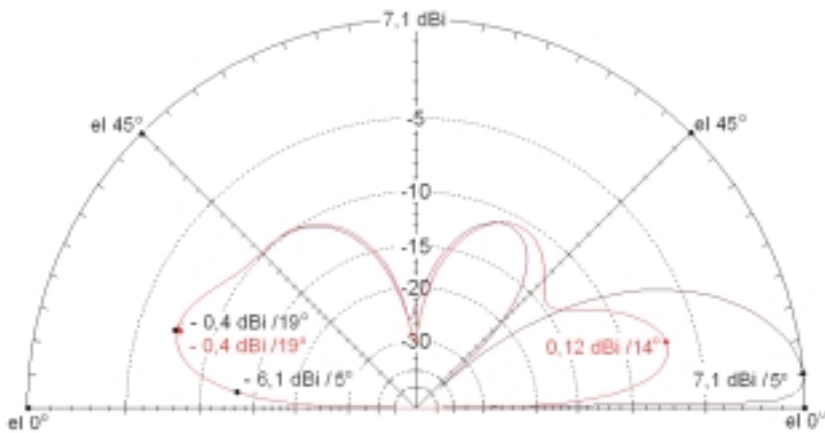
Ve 3. části článku (PE 7/08) jsme zmínili možnost výpočtu vyzařovacích vlastností vertikálních antén, instalovaných poblíž hranice dvou různých zemí. Obr. 1 a 2 v PE 7/2008 ukazovaly, které konfigurace zemí a antén je možné analyzovat programem EZNEC. Nyní se k této problematice vracíme výpočtem a hodnocením několika typických konfigurací, se kterými se v praxi setkáváme, což by mohlo přispět k reálnějšímu pohledu na podmínky, za kterých se antény na KV pásmech provozují.

Obr. 1 a, b a 2 a, b ve 3. části článku schematicky znázorňují vzájemná uspořádání dvou typů zemí, spolu s polohou vertikální antény (typu GP), umožňující počítat její vyzařovací vlastnosti (diagramy) programem EZNEC, kam jsou do **ground descriptions** vkládány parametry obou zemí (vodivost σ v S/m a dielektrická konstanta ϵ) jako **médium 1 a 2**. (Např. podle údajů tab. 1 v PE 5/2008).

Výpočty lze realizovat úplnou komerční verzí, ale i bezplatnou demoverzí programů EZNEC v.3.0, v.4.0 (2000) až po v.5.0, resp. 5.0+ (2008), byť s omezeným

počtem 20 segmentů, i ten však postačí pro výpočty směrových vlastností jednoduchých antén. Nejnovější demoverzi v.5.0 (běží pod W 98, ME, 2000, XP nebo Vista) včetně kompletního manuálu (je společný pro komerční i demoverzi) lze spolu s dalšími podrobnostmi stáhnout ze stránek autora W7EL – www.ez nec.com.

Následující odstavce jsou určeny spíše zájemcům, kteří nemají v úmyslu řešit konkrétní uspořádání výpočtem, ale rádi by poznali charakteristické vlastnosti několika typických konfigurací antény nad dvojí zemí, se kterými se při návrhu

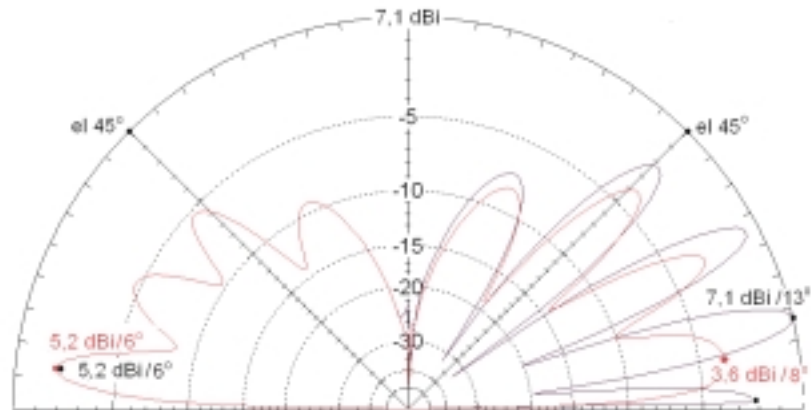


Obr. 1. Elevační diagramy záření antény GP ve výšce $0,25 \lambda$ nad rozhraním dvou zemí (médii)

Černý: Levá polovina nad suchou písčitou zemí ($\sigma=0,001$, $\epsilon=4$), pravá polovina nad slanou mořskou vodou ($\sigma=5$, $\epsilon=81$).

Červený: Levá polovina nad suchou písčitou zemí ($\sigma=0,001$, $\epsilon=4$), pravá polovina nad běžnou „zahradní“ zemí ($\sigma=0,005$, $\epsilon=13$).

(Červený diagram překrývá v levé části shodný průběh diagramu černého)



a provozu svých anténních systémů mohou setkat.

Programy pro výpočet antén se zpravidla používají při konstrukčním návrhu vlastní antény, kdy se vliv země často opomíjí. Z tohoto hlediska je téma vlivu dvou zemí na vyzařování antény možná okrajové. Mimoto je můžeme v rámci daných možností zmínit jen omezeně, vzhledem k možnému (nekonečnému) počtu kombinací zemí, antén a vzdáleností. Ostatně ani v literatuře se články na toto téma častěji neobjevují.

Charakteristické vlastnosti několika typických uspořádání vyjádříme elevačními diagramy, s nezbytnými údaji o zisku (dBi) a elevaci (°) maximálního záření.

Antény nad přímým rozhraním dvou zemí (médii)

Zářivé vlastnosti antény **nad přímým rozhraním dvou médií, jejichž povrch leží v jedné rovině**, nejlépe popíší praktické příklady:

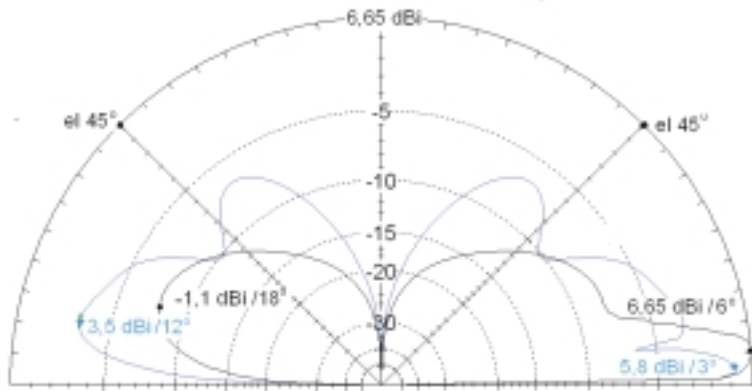
Na obr. 1 je (černý) elevační diagram vertikální antény GP, umístěné nad rozhraním dvou značně rozdílných zemí, které leží v jedné rovině. Záření antény do levé poloviny prostoru ovlivňuje „špatná“ písčité, stepní rovinatá země ($\sigma=0,001$, $\epsilon=4$) jako médium 1. Záření antény do pravé poloviny prostoru ovlivňuje „velmi dobrá“ země, a to hladina slané mořské vody ($\sigma=5$, $\epsilon=81$) jako médium 2.

V podstatě jde o extrémní rozdíl v kvalitě zemí, se kterým se lze v praxi setkat. Vpravo ty nejlepší podmínky pro téměř bezztrátové šíření vln energie pod nízkými elevačními úhly, vlevo jedny z nejhorsích podmínek, kdy je záření antény pod nízkými elevačními úhly tlumeno („požíráno“) značně ztrátovým médiem, takže v tomto prostoru se jeho úroveň snižuje a elevace maxima zvyšuje.

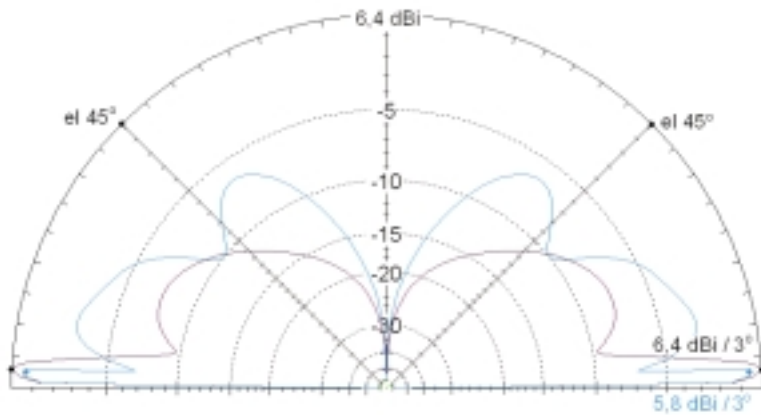
Základna antény je ve výšce $0,25 \lambda$, zaručující optimální zisk 7,1 dBi v elevaci 5° nad mořskou hladinou. Nad písčitou, stepní zemí září anténa v maximu se ziskem -0,4 dBi v elevaci 19° (resp. 161°), ale jen se ziskem -6,1 dBi v elevaci 5°. Azimutální diagram záření v elevaci 5° má proto charakter antény směrové s 13,2 dB útlumem ($7,1 + 6,1 = 13,2$ dB) záření („předozadním poměrem“) nad písčitou, nebo i zabetonovanou (zastavěnou) „špatnou“ ztrátovou zemí.

Příznivějšího záření do levé poloviny prostoru lze dosáhnout omezením vlivu ztrátové země, tzn. vyšší polohou antény (jak to bylo podrobněji zmíněno v kap. „Anténa GP nad reálnou zemí“ ve 3. části), což je zřejmé z obr. 2, kdy je při stejné konfiguraci obou zemí anténa GP

Obr. 2. Elevační diagramy záření antény GP ve výšce 2λ nad rozhraním stejných zemí jako v obr. 1. Vyšší polohou antény nad „špatnou“ zemí se v levé polovině diagramu zvýšila úroveň maxima na 5,2 dBi a snížila jeho elevace na 6°. Tím se zároveň zlepšila symetrie diagramů nad „špatnou“ i dobrou zemí (červený diagram opět překrývá v levé části shodný průběh diagramu černého)



Obr. 3. Elevační diagramy záření antény GP ve výšce $0,125 \lambda$ a 1λ , posunuté o 1λ a 8λ nad „špatnou“ zemí (médium 1) kolmo k přímému rozhraní obou zemí. Dobrou zemí (médium 2) je opět hladina slané mořské vody. Černý diagram platí pro vzdálenosti $0,125 \lambda$ a 1λ . Modrý diagram platí pro vzdálenosti 1λ a 8λ .



Obr. 4. Elevační diagramy záření antény GP, upevněné ve výšce $0,125 \lambda$ a 1λ nad středem kruhového rozhraní o průměru $2R = 2 \lambda$ a 16λ tvořeném suchou písčitou zemí ($\sigma = 0,001$, $\epsilon = 4$) obklopenou hladinou slané vody ($\sigma = 5$, $\epsilon = 81$). Černý diagram platí pro vzdálenosti $0,125 \lambda$ a 2λ . Modrý diagram platí pro vzdálenosti 1λ a 16λ .

umístěna čtyřikrát výš, tzn. 2λ nad rozhraním.

Záření pod nižšími elevačními úhly je tak vzdálenější zemí méně tlumeno, takže elevace maxima se v levé části diagramu snižuje, resp. přibližuje elevaci maxima pravé části diagramu. Azimutální diagram záření se tím zároveň stává „všesměrovějším“, elevační diagram symetričtějším.

V praxi se těmto poměrům přibližuje záření stabilně instalované krátké více-pásmové vertikální antény (např. typu R7000 apod.), jejíž výška nad zemí (vyjádřená ve vlnové délce $-\lambda$) je na nejvyšším KV pásmu, 28 MHz, až osmkrát větší než na pásmu nejnižším. Tam budou poměry vždy nepříznivější vzhledem k obtížnější stavbě výše upevněné antény. Zářivé vlastnosti vlastní (vzhledem k vlnové délce krátké) vícepásmové antény se totiž v uvedeném rozsahu prakticky nemění a její diagram záření má na všech pásmech dipólový charakter, tzn. stejný, jaký má i anténa GP ve volném prostoru.

V elevačním diagramu se při zvyšování antény zákonitě objevují další laloky a minima, která vznikají interferencí přímého a odraženého záření od země. Rozdílný charakter minim na levé a pravé straně diagramu ovlivňuje rozdílná „ztrátovost“ obou zemí. Čím je anténa výše, tím je počet laloků vyšší. Maxima laloků nakonec v podstatě kopírují obrys základního diagramu záření antény GP.

K popsání umístění antény nad dvěma extrémně rozdílnými zemskými

povrchy může z našeho vnitrozemského pohledu dojít nejspíše jen při nějakém expedičním vysílání.

V běžné amatérské praxi nebudou rozdíly v kvalitě zemí zpravidla tak výrazné, jak je to patrné z (červeného) elevačního diagramu antény GP umístěné ve výšce $0,25 \lambda$ nad rozhraním špatné země ($\sigma = 0,001$, $\epsilon = 4$) a normální („zahradní“) země ($\sigma = 0,005$ a $\epsilon = 13$), který je pro názornější porovnání do obr. 1 také zakreslen. Rozdíly v parametrech těchto zemí se tak v praxi projevují spíše na napájecích vlastnostech, resp. účinnosti horizontálních antén, umístěných nízko nad zemí, jak bylo zmíněno v PE 5/2008.

Anténa mimo rozhraní dvou zemí (médii)

Jak bylo zmíněno, umí EZNEC zahrnout do výpočtu záření také posun antény mimo rozhraní obou zemí, přesněji posun antény nad zemí – médium 1. Odpovídá to situaci, kdy je anténa umístěna např. uvnitř nějaké zástavby nebo dále od pobřeží apod. (V počítačovém zadání musí být země pod posunutou anténou vždy považována za „médium 1“.)

Na obr. 3 jsou elevační diagramy antény GP umístěné ve výšce $0,125 \lambda$ a 1λ , v kolmé vzdálenosti 1λ a 8λ od rovinného rozhraní stejných zemí jako na obr. 1.

V podstatě jde o přibližnou simulaci poměrů, které v praxi nastávají při užití vícepásmové vertikální antény na pás-

mech 3,5 až 28 MHz, instalované 10 m nad zemí a 80 m od rozhraní, kdy se při stálé poloze antény osmkrát zvětší uvedené vzdálenosti ve vlnových délkách. Pro větší přehlednost jsou znázorněny jen diagramy na obou krajních pásmech, tzn. ve výškách $0,125 \lambda$ a 1λ , a vzdálenostech od rozhraní 1λ a 8λ .

Pozoruhodný a nezvyklý je tvar pravé poloviny elevačního diagramu s „protaženým“ ostrým „nízkoelevačním“ maximem. Do jaké míry odpovídá tento teoretický výsledek realitě, lze těžko posoudit.

Anténa nad kruhovým rozhraním dvou zemí

Schematicky je toto uspořádání v PE 7/2008 znázorněno na obr. 2 a. V praxi by mu mělo odpovídat umístění antény např. na skutečném ostrově uprostřed moře nebo jezera, ale i uprostřed „kruhové“ betonové zástavby nebo na výškové budově či rozhledně, i když by to již nebylo kruhové rozhraní dvou zemí ve shodné rovině.

Obecně by bylo zajímavé zjistit, v jakém uspořádání bude převládajícím médiem, určujícím charakter záření antény, země (médium) uvnitř kruhového útvaru s instalovanou anténou, a kdy to bude vnější médium za kruhovým rozhraním. Rozhodovat bude zřejmě průměr kruhového rozhraní v závislosti na výšce antény při určité kombinaci obou zemí. Kriteřiem pro posouzení vhodného uspořádání by měl být charakter vypočteného elevačního diagramu s přihlédnutím k aktuálním provozním požadavkům a podmínkám šíření na tom kterém pásmu.

Typickou ilustrací jednoho z nesčetných možných uspořádání jsou diagramy na obr. 4, které znázorňují záření antény GP instalované ve středu kruhové země (ostrova) špatné kvality, ale různého průměru, obklopené hladinou slané vody. Tzn. při stejných typech a kvalitách zemí jako při uspořádání s rovinným rozhraním dvou zemí. Předem a bez výpočtů lze pouze předpovědět zcela symetrický tvar elevačního diagramu, protože výpočet předpokládá symetrické umístění antény uprostřed kruhového útvaru. Podle poznatků z rovinného rozhraní bude zřejmě nejméně ovlivňováno záření antény na nejnižším pásmu, kdy je anténa nejnižší nad „špatnou“ zemí.

Na obr. 4 a jsou elevační diagramy GP antény ve výšce $0,125 \lambda$ a 1λ nad středem kruhového „ostrova“ o průměru $2R = 2 \lambda$ a 16λ , obklopeného hladinou slané vody.

Není překvapivé, že se charakter diagramů v nízké elevaci na nejnižším a nejvyšším (osminásobném) kmitočtu v podstatě neliší, když se nemění poměr výšky antény a její vzdálenosti od kruhového rozhraní. Další dva vedlejší laloky u výše umístěné antény jsou jen zákonitým důsledkem interference přímého a od země odraženého záření.

Jak bylo zmíněno v předchozí části článku, umí program EZNEC analyzovat také vyzařování vertikálně polarizované antény nad přímým a kruhovým rozhraním, která neleží ve shodné rovině. (Viz obr. 1 b a 2 b v PE 6/2008). Zatím se k tomuto uspořádání vracet nebudeme a ponecháváme spíše na vůli čtenářů, zda si pokračování vyžádají, nebo si je sami ověří.

