

Anténa 2YDD nad zemí

Jindra Macoun, OK1VR

Zatím jsme posuzovali vlastnosti antén 2YDD v podmínkách volného prostoru, tedy bez vlivů, kterým jsou v praxi vystaveny. Zejména na KV pásmech ovlivňuje jejich vlastnosti relativně blízký zemský povrch, přesněji výška antény nad zemí. Ta je na KV pásmech obvykle srovnatelná s vlnovou délkou, tudíž velmi významná. Touto problematikou se zabývá tato část článku o anténě 2YDD.

Na delších vlnových délkách se zemský povrch chová jako vodič, a na velmi krátkých vlnách jako dielektrikum a v oblasti krátkých vln jako polovodič, který se podle složení země mění buď ve špatný vodič, nebo ve špatné dielektrikum. Parametry země a vzdálenost zemského povrchu proto ovlivňují/mění zářivé a impedanční vlastnosti antény. Touto problematikou jsme se na stránkách PE-AR již podrobně zabývali [1]. Úvodem proto zopakujeme jinými slovy jen podstatné. S přihlédnutím k anténě 2YDD uvažujeme antény s (přibližně) půlvlnnými zářiči.

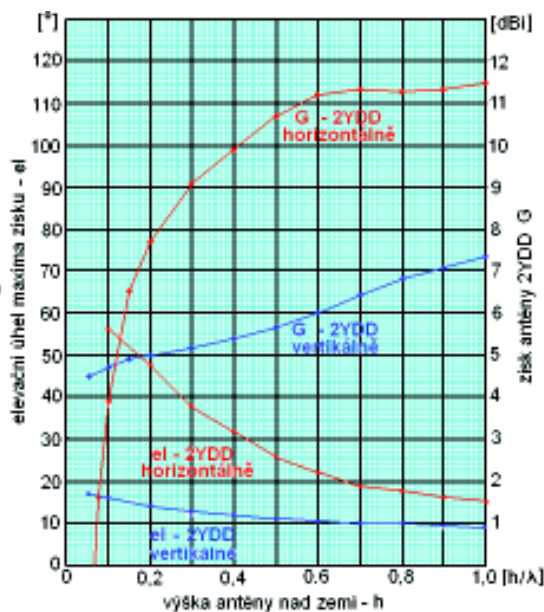
Vliv země na směrový digram

Z radiokomunikačních hledisek je významným vliv zemského povrchu na směrové vyzařování antény ve svislé/vertikální rovině a tím i na dosah rádiové komunikace [2].

K zjednodušenému výpočtu elmag. záření antén nad zemí využíváme metodu zrcadlení, která nám pod zemí vytvoří fiktivní, zrcadlový obraz skutečné antény nad zemí. Tuto dvojici pak považujeme za dvoučlennou anténní soustavu sestavenou z horizontálně nebo vertikálně polarizovaných antén [1].

Polarizace ovlivňuje/mění fázi v proudů ve skutečné a zrcadlové anténě a tím i jejich výsledné záření.

● Dvě vertikálně polarizované antény (nad sebou) jsou („napájeny“) ve fázi. Jejich záření se vektorově sčítá s maximem v rovině horizontu.



Obr. 1. Závislost max. zisku G_i [dBi] a elevace el [°] na výšce $[h/\lambda]$ horizontálně polarizované antény 2YDD nad reálnou zemí je znázorněna červeně a vertikálně polarizované antény modře (zde je h = výška konců anténních prvků)

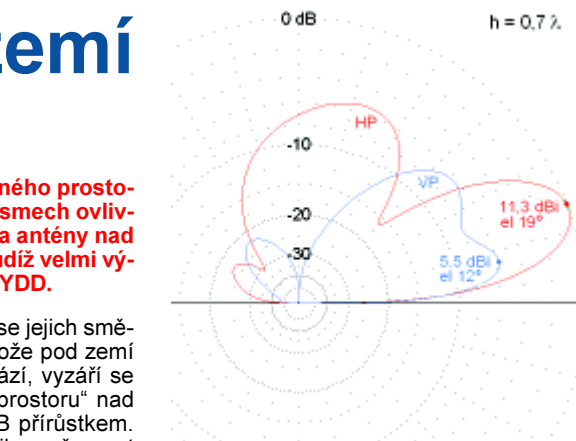
Ve volném prostoru by se jejich směrovost zvýšila o 3 dB. Protože pod zemí k žádnému záření nedochází, vyzáří se veškerý výkon do „poloprostoru“ nad zemí (obr. 1) s dalším 3dB přírůstkem. Celkem o 6 dB by se zvýšila směrovost skutečné antény v rovině horizontu ($el = 0^\circ$), pokud by byla nad dokonale vodičovou zemí umístěna v optimální výšce, odpovídající úhlu záření ve svislé rovině. Např. optimální výška (středu) vertikálního půlvlnného dipólu s vyzářovacím úhlem $\Theta_{3E} = 78^\circ$ (v rovině E) činí $0,75 \lambda$. (Je to vlastně poloviční rozteč obou antén této virtuální dvoučlenné soustavy.)

Nad reálnou (ztrátovou) zemí je přírůstek zisku malý (i negativní) pro velké ztráty, ke kterým při vertikálně polarizovaném záření podél reálné země dochází.

Vertikální půlvlnný dipól ($G = 2,12$ dBi, $\Theta_{3E} = 78^\circ$ a $\Theta_{3H} = 360^\circ$) (ve volném prostoru) bude s výší středu $h = 0,5 \lambda$ nad dokonalou zemí vykazovat $G = 8,3$ dBi/el 0° !, ale jen $G = 1,15$ dBi/el 14° nad reálnou zemí.

(Přizpůsobená) svisle zavěšená vertikálně polarizovaná anténa 2YDD (s parametry $G = 6,2$ dBi, $\Theta_{3E} = 68^\circ$ a $\Theta_{3H} = 133^\circ$ ve volném prostoru) bude ve stejné výšce nad dokonalou zemí vykazovat $G = 12,4$ dBi/el 0° , ale jen $G = 5,7$ dBi/el 12° nad reálnou zemí, tzn. zemí s vodivostí $0,005$ S/m a dielektrickou konstantou $\epsilon = 13$.

Závislost max. zisku G_i [dBi] v elevaci el [°] je na výškách středů $[h/\lambda]$ (v rozsahu $0,05$ až 1λ) vertikálních antén 2YDD znázorněna na obr. 1 modře. Závislost



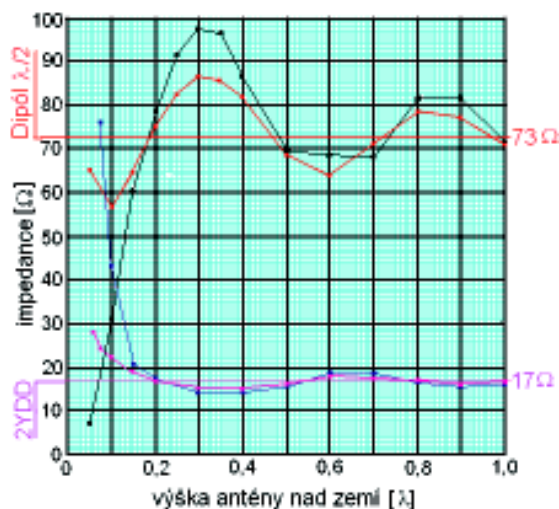
Obr. 2. Elevační diagramy horizontálně a vertikálně polarizované antény 2YDD nad reálnou zemí $h = 0,7 \lambda$. U vertikálně polarizované antény 2YDD h = výše středu antény

max. zisku G_i [dBi] v elevaci el [°] je na výškách $[h/\lambda]$ horizontálních antén 2YDD znázorněna na obr. 1 červeně.

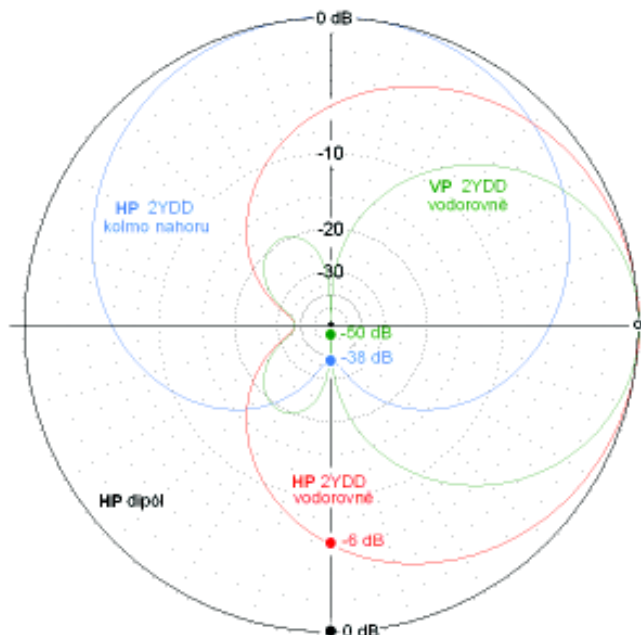
● Dvě horizontálně polarizované antény (nad sebou) jsou („napájeny“) v protifázi. Jejich záření se vektorově sčítá ve dvou lalocích s minimem v rovině horizontu. I v tomto případě se nad dokonalou zemí může zvýšit směrovost až o 6 dB, protože pod zemí k žádnému záření nedochází. Optimální přírůstek směrovosti je opět závislý na výšce antény, odpovídající typu antény, přesněji úhlu záření ve svislé rovině.

Např. optimální výška horizontálního půlvlnného dipólu nad zemí (s kruhovým diagramem v rovině kolmé k podélné ose dipólu – v rovině H) je $h = 0,625 \lambda$. Nad dokonalou zemí se zvýší jeho zisk teoreticky až o 6 dB, tj. na $8,14$ dBi s el 24° . EZNECová simulace generuje zisk $G = 9,1$ dBi/el 24° nad dokonalou zemí a $G = 7,7$ dBi/el 22° nad reálnou zemí, při bezeztrátovém přizpůsobení.

(Přizpůsobená) vodorovně zavěšená a horizontálně polarizovaná anténa 2YDD s $G = 6,2$ dBi, $\Theta_{3H} = 133^\circ$ a $\Theta_{3E} = 68^\circ$ (ve volném prostoru) bude ve výšce $h = 0,7 \lambda$ (nad dokonalou zemí) zářit s G_{max}



Obr. 3. Změny impedance horizontálně polarizovaných antén: dipólu $\lambda/2$ a antény 2YDD v závislosti na jejich výšce nad dokonalou a reálnou zemí. $Z = 73 \Omega$ a $Z = 17 \Omega$ jsou impedance půlvlnného dipólu a antény 2YDD ve volném prostoru



Obr. 4. Elevační diagramy horizontálně polarizovaných antén: dipól $\lambda/2$ v rovině H, vodorovná anténa 2YDD v rovině H, a svislá do zenitu orientovaná anténa 2YDD, doplněné ozářením země v dB

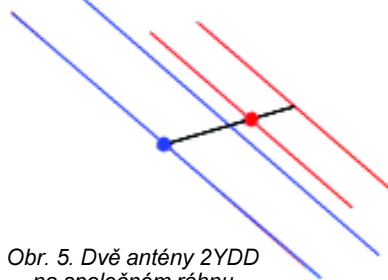
= 12,3 dBi/el 22° a v $h = 0,7 \lambda$ (nad reálnou zemí) s $G_{\max} = 11,3$ dBi/el 19°.

Vliv země na impedanci

Jak výše zmíněno, země (půda) ovlivňuje zejména vlastnosti směrové, především vyzařování ve svislé – elevační rovině.

Za určitých okolností má významný vliv i na vlastnosti napájecí, resp. impedanční, včetně účinnosti. Týká se to hlavně horizontálně polarizovaných antén, instalovaných většinou relativně nízko nad zemí. Ty mají totiž větší vazbu k zemi než antény vertikální, které ozařují zemi svým minimem. Na obr. 4 to naznačují i elevační diagramy horizontálně polarizovaných (HP) antén: HP dipólu, vodorovné HP 2YDD a svislé HP 2YDD s označenou dB-úrovní ozářením země (svisle) pod anténou. Čím více je záření k zemi potlačeno, tím méně kolísá impedance s výškou antény.

Extrémem je minimální ozářením země svisle orientovanou anténou (s horizontálně polarizovanými prvky) 2YDD s ČZP > -30 dB, a tudíž s prakticky zanedbatelným vlivem na její impedanční a směrové vlastnosti.

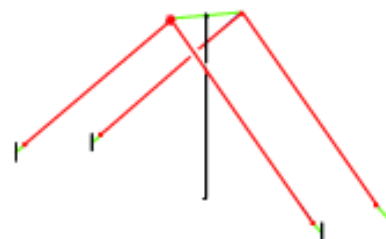


Obr. 5. Dvě antény 2YDD na společném ráhnu

Změny impedance horizontálně polarizovaných antén: dipólu $\lambda/2$ a antény 2YDD v závislosti na jejich výšce nad dokonale a reálnou zemí v rozsahu $h = 0,05$ až 1λ znázorňuje obr. 3. Je zřejmé, že ani impedance horizontálně polarizované antény 2YDD se s výškou významně nemění, takže po instalaci ve výškách $h > 0,2 \lambda$ nevyžaduje impedance korekci.

Do grafu jsou pro posouzení změn impedance s výškou dokresleny impedance horizontálního dipólu $\lambda/2$ (73 Ω) a antény 2YDD (17 Ω) ve volném prostoru.

Absolutní hodnoty impedance $Z [\Omega] = \sqrt{R^2 \pm jX^2}$ se prakticky shodují s reálným odporem R (s nulovou nebo nepatrnou reaktanční složkou $\pm jX$) již v poměrně malých výškách.



Obr. 6. Anténa 2YDD ve tvaru invertované V-antény

Další využití antén typu 2YDD

- Minimální úroveň zpětného záření usnadňuje instalaci vertikálně polarizované antény podél stávajících svislých vodičů i nevodivých objektů (anténních i jiných stožárů, budov apod.) bez nepříznivých vlivů na původní směrové a napájecí (impedanční) vlastnosti, ale s eventuelní větší výhodnou výškou a tím i nižším elevačním úhlem záření.

- Z téhož důvodu také není obtížné instalovat na společném ráhnu těsně za sebou dvě (jednopásmové) antény 2YDD (obr. 5) bez dalších optimalizací. Pomocí rozměrů v PE-AR 03/2015 lze sestavit krátkou otočnou dvoupásmovou směrovku. Délky drátových prvků je však nutné korigovat podle větších průměrů pevných prvků.

- Na nižších amatérských KV pásmech, kde již není realizace závěsné dvoudrátové směrovky 2YDD s roztečí vodičů $s = 0,062 \lambda$ ($s = 2,6$ m/7 MHz, $s = 1,84$ m/10,1 MHz) snadná, lze využít téhož principu k pokusnému sestavení této antény ve tvaru dvoudrátové invertované V-antény (obr. 6). Rozteč obou drátových prvků by zabezpečilo jediné vrcholové rozpěrací ráhno (na stožáru, stromě) a 4 kotevní body na zemi. Předběžná simulace této varianty potvrdila přibližně shodné vlastnosti s anténou 2YDD.

Literatura

[1] Macoun, J., OK1VR: Vliv země na vlastnosti antén (1), (2). PE 05 a 06/2008. Anténa Moxon nad zemí (1), (2). PE-AR 10 a 11/2011.

[2] Plzák, J., OK1PD: Šíření rádiových signálů. 2006. <http://www.crk.cz/CZ/PREDIKCE>

[3] Procházka, M.: Antény – encyklopedická příručka. BEN-technická literatura, 2005.

Oprava k článku „Antény 2YDD prakticky“ (PE-AR 03/2015)

- Na str. 31 doplňte text k obr. 2: *Modře je znázorněna svorková impedance antény, červeně je znázorněna impedance antény za širokopásmovou transformací 1:3.*
- Na str. 32 v 1. sloupci na konci 4. odstavce má správně být (= $25^2/16$).
- Na str. 32 ve 2. sloupci na 1. řádku 3. odstavce má správně být **Širokopásmovost** antény...

Za chyby se omlouváme.

Radioamatéři hojně využívají antény typu Yagi v nejrůznějších modifikacích a jejich konstruktéra H. Yagiho často vzpomínají. Vpravo QSL-lístek z Japonska z roku 2007

