

Anténa Moxon nad zemí (1)

Jindra Macoun, OK1VR

Relativně malé rozměry ($0,36 \lambda \times 0,13 \lambda$) dvouprvkové antény Moxon [1] usnadňují její využití při DX provozu na vyšších pásmech KV, kdy lze anténu snadněji umístit do optimální výšky pro požadovaný dosah radiokomunikace. Užitečné jsou tedy obecné znalosti o vlivu výšky antény na její zářivé (směrové) vlastnosti. Proto je také připomínáme v první části článku.

Praxe ukazuje, že „malou“ anténou Moxon lze realizovat dálková spojení, která se z téhož QTH a za stejných podmínek nedaří realizovat pevně instalovanými vícepásmovými LW anténami. Tento lehký minibeam lze totiž snadněji vztyčit do výšky, ve které bude anténa zářit s větším ziskem v optimálním elevačním úhlu pro zamýšlená spojení.

Relativní zisk této antény tam pak může činit i několik desítek dB proti zisku „univerzální“, pevně instalované vícepásmové LW antény s četnými laloky a minimy na vyšších pásmech, nebo proti zisku nízko umístěné antény horizontální, jejíž elevační diagram je orientován „nahoru“, tzn. pod elevací 90° .

Volba optimální výšky minibeamu předpokládá obecné znalosti o vlivu výšky antén na jejich zářivé (směrové) vlastnosti. Zmínujeme je proto v úvodní kapitole, určené zejména novým zájemcům o DX provoz na KV pásmech.

Základní informace o vlivu země na vlastnosti antén byly v PE před časem již uveřejněny [2], avšak bez dalších podrobností o vlivu země na vlastnosti směrové, tzn. na diagramy záření v obou polarizačních rovinách a jejich číselné parametry.

Anténa nad zemí

Obecně platí, že na amatérských KV pásmech ovlivňuje elektrické vlastnosti obvykle instalovaných antén relativně blízká země (vzdálená desítky vlnové délky na nejnižších pásmech a jednu až tři vlnové délky na pásmech nejvyšších). Týká se to především vlastností zářivých – směrových, které výrazně ovlivňují **směr a dosah** radiokomunikace.

Směr (azimut) radiokomunikace ovlivňuje **azimutální** diagram záření, tzn. diagram záření antény v rovině rovnoběžné se zemí.

Dosah radiokomunikace v daném směru ovlivňuje **elevační** diagram záření, tzn. diagram záření v rovině kolmé k zemi (protože nás informuje, pod jakým úhlem dopadne maximum záření na ionosférické vrstvy, „zodpovědné“ za překlenuté vzdálenosti).

Zatímco charakter azimutálního diagramu se umístěním antény nad zemí podstatně neliší od diagramu záření ve volném prostoru, tak se charakter diagramu záření ve svislé – elevační rovině výrazně mění umístěním antény nad zemí. Více v další kapitole.

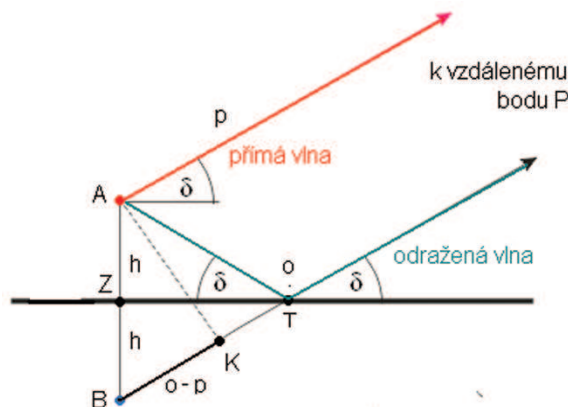
Záření horizontální antény ve svislé rovině

Obr. 1 znázorňuje záření z antény A (ve výšce h) směrem ke vzdálenému bodu P, kam se šíří dva vlnové paprsky (dvě vlny). Jednak přímý paprsek (p), a pak také paprsek odražený (o) od země v bodě T, tzn. v místě, kde se při odrazu směrem k bodu P shoduje úhel dopadu (δ) s úhlem odrazu.

Je zřejmé, že dráha odraženého paprsku je delší, takže k bodu P dopadá s jistým zpožděním. Přímý (červený) a odražený (modrý) paprsek považujeme za rovnoběžné, protože výška antény je proti vzdálenosti k bodu P zanedbatelná.

K bodu P se tedy šíří dvě vlny, které se tam v extrémním případě buď sečtou, nebo odečtou, a to podle vlnového, resp. fázového rozdílu mezi přímým a od země odraženým paprskem (mezi přímou a odraženou vlnou).

Bude-li trasa odražené vlny o půlvlnu (tedy o 180°) nebo o lichý násobek půlvlny delší, měl by tam být signál minimální, protože tam odražená vlna dopadne později a „v protifázi“ k vlně přímé, takže se obě vlny „odečtou“. Bude-li trasa odražené vlny delší o celou vlnu (360°), resp. o sudý násobek půlvlny, pak by tam měl být signál maximální, protože tam obě vlny dopadnou „ve fázi“.



Obr. 1. Záření antény A ve svislé (elevační) rovině je ve vzdáleném místě P vektorovým součtem vlny přímé (p_x) a vlny odražené (o_x) od země v bodě T. Úhel dopadu δ se tam shoduje s úhlem odrazu. Při výpočtu se předpokládá, že odraženou vlnu zdánlivě vyzařuje zrcadlový obraz antény A, tzn. virtuální anténa B. Odražený (modrý) vlnový paprsek je pak delší o úsek BK. Při $h = 0,5 \lambda$ je v elevaci $\delta = 30^\circ$ odražený paprsek delší právě o $0,5 \lambda$.

Při všech jiných fázových rozdílech bude síla přijímaných signálů ležet mezi maximem a minimem (nulou).

Horizontálně polarizovaná vlna ale při odrazu od země mění fázi o 180° , takže se v bodě T odráží v „protifázi“, tzn. je tím odrazem již o 180° „zpožděna“, což ovlivní výslednou fázi v místě příjmu. Za těchto uvedených okolností proto tedy bude při fázovém rozdílu -180° mezi přímým a odraženým paprskem signál v místě příjmu maximální, protože se tam odražený i přímý paprsek sečtou ($2 \times 180^\circ = 360^\circ$).

Záření dvojice antén ve svislé rovině

Vzhledem ke složitosti výpočtů diagramů záření pomocí tzv. odrazových vzorců počítá se elevační diagram antény nad zemí jednodušeji, a to jako záření dvojice zářičů A a B, jak to schematicky znázorňuje také obr. 1.

Výsledný diagram záření antény ve svislé rovině je pak vektorovým součtem záření skutečné antény (A) nad zemí se zářením jejího zrcadlového obrazu (B). Na rovnoběžném vlnovém paprsku ze zrcadlové antény B, který protíná povrch země právě v bodě T, lze také odečíst vlnový rozdíl ($p_x - o_x$) mezi přímým a odraženým vlněním.

Obr. 1 je nakreslen v poměrném měřítku, pro $h = 0,5 \lambda$ a $\delta = 30^\circ$. Odražený vlnový paprsek je za těchto podmínek právě o půlvlnu (o 180°) delší, takže se šíří směrem k bodu P v protifázi. Příjem pod elevací 30° by tam tedy měl být minimální.

V zrcadlovém obrazu B **horizontálně polarizované** antény A se vř proudy indukují vždy v protifázi (-180°), takže na konci o půlvlnu delší trasy odraženého vlnového paprsku (o) jsou již oba paprsky se stejnou fází, i když s „rozdílem“ 360° . Signál tam tedy není ani při této úvaze minimální, ale maximální, protože vlnové paprsky z A i B se v místě P nakonec vektorově sečtou.

Naopak, směrem „nahoru“, tzn. v elevaci $\delta = 90^\circ$ září tatáž horizontální anténa minimálně, protože přímý i odra-



žený vlnový paprsek se tím směrem šíří v protifázi, i když při výšce $h = 0,5 \lambda$ činí rozdíl v délce obou vlnových paprsků 1λ , resp. 360° . Dalšíh 180° „přidává“ i v tomto případě změna fáze při odrazu od země v bodě T, takže výsledná fáze je 180° a signál je v elevaci $\delta = 90^\circ$ nulový, resp. minimální.

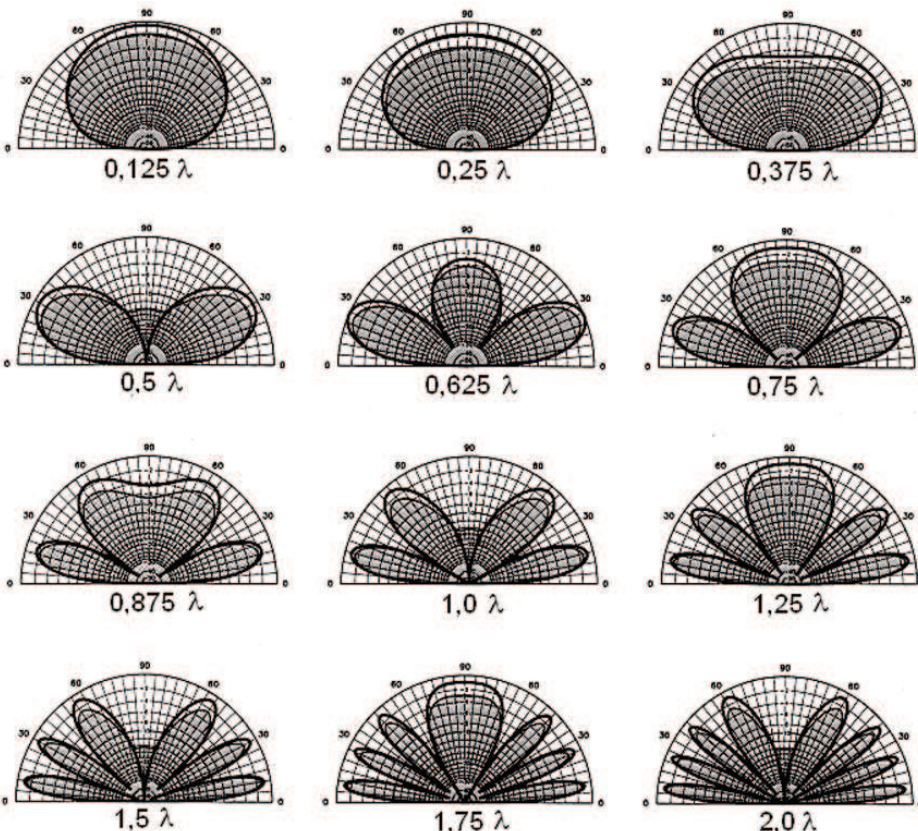
Nad dokonalou zemí jsou vř proudy ve skutečné nadzemní (napájené) **horizontálně polarizované** anténě a jejím virtuálním obrazu **stejně co do amplitudy, ale opačné fáze**. Vyzařování takové horizontálně polarizované antény, resp. dvojice antén je **v rovině horizontu, tzn. v elevaci $\delta = 0^\circ$ vždy minimální**, a to bez ohledu na jejich vzájemnou vzdálenost, resp. výšku h .

Elevační diagram záření (každé) horizontálně polarizované antény se tedy bude měnit s její výškou nad zemí. Čím bude anténa výše, tím častěji se budou přímá a odražená vlna setkávat ve fázi a v protifázi, což se v rozsahu elevací 0° až 90° projeví dalšími minimy a maximy, tzn. dalšími laloky.

Na obr. 2 jsou v polárních souřadnicích znázorněny elevační diagramy horizontálně polarizovaných dipólůvých antén v různých výškách nad dokonalou a reálnou zemí ($\epsilon = 13$, $\delta = 0,005$ S/m, viz také [2], PE 5/2008). Jsou to diagramy záření **ve svislé rovině, kolmé k podélné ose antény**, tzn. v rovině procházející maximem „osmičkového“ diagramu.

Zatímco v rovině horizontu, tzn. při nulové elevaci je záření horizontální antény ve všech výškách minimální, tak do elevace 90° („nahoru“) směřuje jediný lalok (maximum) při všech výškách antény menších než $0,25 \lambda$, a pak také jediný z několika laloků při výškách, které jsou lichými násobky čtvrtvlny, jak je to zřejmé z obr. 2.

Na diagramech jsou zajímavé elevační maxim, ale i minim ve stupních a jejich úroveň v dB v závislosti na výšce h a na kvalitě země. Z provozních hledisek je pro dálkové šíření aktuální především elevace a zisk „nejnižšího“ laloku, tzn. laloku s nejnižší úhlovou elevací „maxima“.



Obr. 2. Elevační diagramy horizontálních dipólůvých antén v různých výškách nad dokonalou a reálnou zemí (šrafování plocha) jsou znázorněny v polárních souřadnicích. Soustředné polokružnice mají odstup 2 dB, takže orientačně udávají zisk antény v každé elevaci vzhledem k maximu 10 dBi. Max. zisky dipólů nad dokonalou zemí jsou přibližně o 1 až 2 dB vyšší než zisky nad reálnou (a poměrně dobrou) zemí, definovanou výše zmíněnými parametry. Tyto rozdíly se snižují při nízkých elevacích, kde se vliv kvality země zmenšuje

Soustředné půlkružnice polárních diagramů mají odstup 2 dB, takže umožňují odečíst zisk každého laloku vzhledem k maximu 10 dBi.

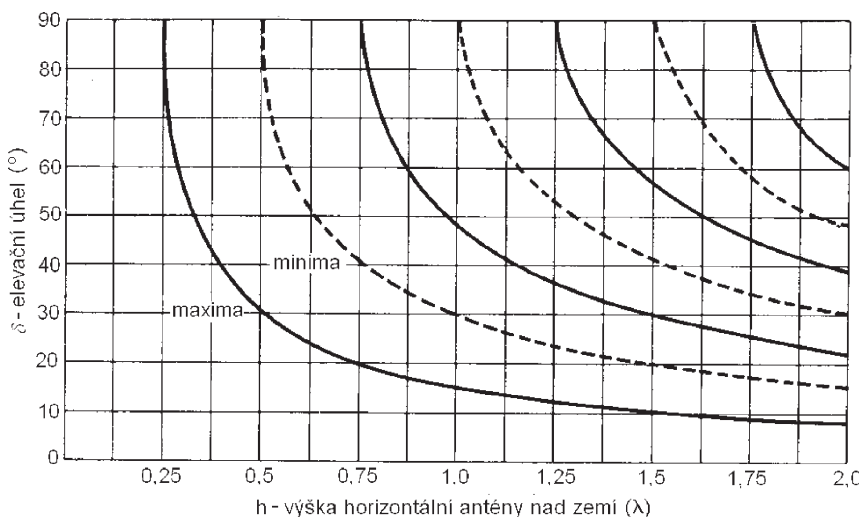
Pro praktickou potřebu je užitečnější graf na obr. 3, kde lze s dostatečnou přesností odečíst elevační úhly maxim a minim všech horizontálních antén, instalovaných ve výškách od $0,125 \lambda$ do 2λ nad zemí. Plně křivky platí pro maxima, čárkované pro minima ve všech svislých rovinách.

Výstupem z některých programů pro výpočet dálkového, resp. ionosférického šíření KV bývá právě optimální elevační úhel záření antén na obou stranách uvažované radiokomunikační trasy.

DX spojení ovlivňují převážně nejnižší laloky, resp. laloky s vypočtenou optimální elevací maxima.

Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: Anténa Moxon. PE-AR 03/2011.
- [2] Macoun, J., OK1VR: Vliv země na vlastnosti antén (1), (2), (3) a (4). PE-AR 5, 6, 7 a 9/2008.



Obr. 3. Elevační úhly maxim a minim každé horizontální antény, instalované nad zemí ve výškách do 2λ (obr. 2 a 3 jsou převzaty z ARRL Antenna Book)

● Pro všechny, koho trápí vysoká úroveň šumového pozadí na některých pásmech od datových přenosů po síti, plazmových TV, výbojkového osvětlení i spínaných zdrojů a všemožných dalších nežádoucích zdrojů rušení, nabízí firma Timewave technology Inc. (www.timewave.com) zařízení k potlačení nežádoucího rušení ANC-4 (Antenna Noise Canceller). Zapojuje se k libovolnému TRXu s výkonem do 200 W mezi anténu a vstupní konektor a podle výrobce dokáže potlačit rušení až o 40 dB. Na uvedeném webu v části „manual“ najdete i úplné schéma tohoto – zapojením jednoduchého zařízení.

QX

