

O vícepásmových anténách (10) Anténa (3D)QUAD

Jindra Macoun, OK1VR

Modelování smyčkových antén ukázalo na příznivější vyzářování prostorově modifikované čtvercové smyčky na vyšších harmonických pásmech.

Proto jsme tuto část seriálu o vícepásmových anténách, zabývající se smyčkovými anténami, nadepsali jako anténa (3D)QUAD. Jde sice opět o velkou smyčku (Big Loop), která však již není útvarom rovinným, ale prostorovým, tedy trojrozměrným. Ve shodě s obecně užívanou terminologií bylo zvoleno pojmenování (3D)QUAD (Rozměr = Dimension). Tato modifikace velké smyčkové antény nebyla patrně dosud popsána.

Krátká rekapitulace

Smyčková anténa, jejíž obvod činí 1λ , vyzářuje převážně kolmo k rovině smyčky. Vodrovinná smyčka, upevněná nad zemí (do výšky $h_{\max} \leq 0,3 \lambda$), proto vyzářuje se ziskem „nahoru“, tzn. pod elevací 90° .

Další zvyšování antény, ale i kmitočtu vede k „prolamování“ maxima v diagramu záření. Elevační úhel maxima záření se tím snižuje a dělí na dva laloky, takže anténa vyzářuje příznivěji pod nižšími elevačními úhly. Na vyšších harmonických kmitočtech se pak záření v souladu s proměnným proudovým a fázovým obložením navzájem kolmých anténních vodičů postupně štěpí do četných laloků. Zprvu jen v horizontální a pak i ve vertikální rovině. Anténa tak na vyšších harmonických kmitočtech září pod příznivějšími elevačními úhly, ovšem nikoliv rovnoměrně všesměrově, protože většinu laloků, byť pravidelně rozložených do několika azimutů, oddělují minima záření. Anténu proto nelze označit na vyšších harmonických pásmech za všesměrovou a z hlediska vyzářovacích vlastností za vícepásmovou.

Pokud jde o vlastnosti napájecí (impedance, popř. přizpůsobení), je možné považovat smyčkové antény, jejichž obvod je sudým násobkem půlvln, za vícepásmové. Takové smyčkové antény jsou totiž na každém harmonickém pásmu napájeny v proudovém maximu, tedy na relativně „nízké“ impedanci - kolem 300Ω (viz PE 10/2007), takže anténu, opatřenou na svorkách širokopásmovým transformátorem $200/50 \Omega$ nebo $300/50 \Omega$, je proto možno snadněji „dopřizpůsobit“ běžným transmatchem (ATU) na výstupu vysílače.

Nejnižší impedanci, přibližně 150Ω , má smyčka jednovlnná, tzn. v pásmu 3,5 MHz, kde ji však významněji ovlivňuje výška nad zemí.

Prostorový – (3D)QUAD

Záměr ověřit vlastnosti prostorově modifikované antény byl motivován snahou usnadnit instalaci čtvercové, resp. kosočtvercové smyčky přikotvením dvou protilehlých vrcholů smyčky blíže k zemi, popř. na nižší upevňovací body (ploty, stromy apod.), jak naznačuje obr. 1.

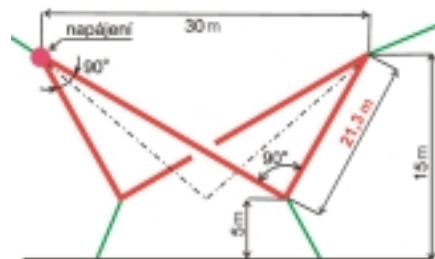
Rovina smyčky se tím láme podél pomyslné úhlopříčky, spojující výše upevněné vrcholy čtvercové antény. Všechny původně vodorovné vodiče smyčky jsou tak nyní orientovány šikmo k zemi.

Ve shodě s novou orientací vodičů se mění i polarizace vyzářování. Původně horizontální polarizace každého přímého zářiče

teď obsahuje i vertikální složku, takže anténa jako celek vyzářuje nejen horizontálně, ale i vertikálně. Vektorovým součtem vertikálních a horizontálních složek vzniká výsledný diagram záření, jehož původní minima jsou více či méně vyplňována zářením vertikálních složek, a to jak v azimutální, tak elevační rovině. Výsledný prostorový diagram proto již není tak členitý, resp. neobsahuje tak výrazná minima, která v praxi omezují radiokomunikaci do některých směrů - azimutů.

Zvolená tvarová úprava by však neměla výrazněji měnit původní, poměrně příznivé napájecí vlastnosti antény (viz PE 11/2007), určené především celkovou délkou obvodu prostorové smyčky, ale i její „vodorovnou plochou“.

Úhel „zlomu“, který spolu svírají obě trojúhelníkové plochy podél spojnice protilehlých vrcholů, by proto neměl klesnout pod asi 90° . Dalším svíráním se anténa postupně mění ve štíhlou smyčku, blížící se symetrickému zkratovanému (i když zalomenému) rezonanční-



Obr. 1. Kótovaný pohled na anténu (3D)QUAD. Kritickým rozměrem je pouze celková délka vodiče tvořícího smyčku, popř. odvozené délky zářičů

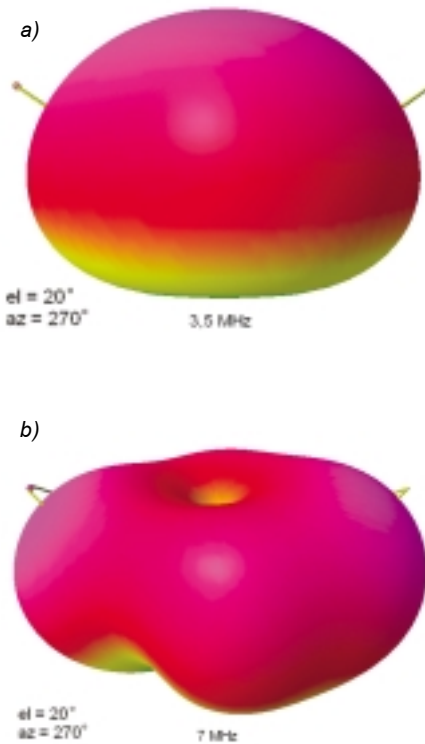
mu vedení, jehož délka je celým násobkem půlvln a jehož dvojnásobný obvod se proto shoduje s obvodem původní smyčkové antény. Takové zkratované vedení má na svých svorkách malou až nulovou impedanci i na všech harmonických pásmech.

Zářivé vlastnosti antény (3D)QUAD

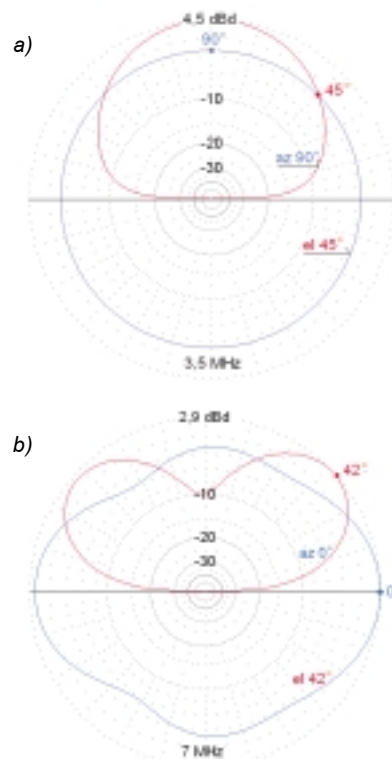
znázorňují nejlépe (prostorové) 3D diagramy záření na obr. 2 a, b, c, d, e na pásmech 3,5 - 7 - 14 - 21 a 28 MHz a z nich odvozené 2D diagramy (obr. 3 a, b, c, d, e) v azimutální a elevační rovině. Jsou to vlastně fezy (prostorovými) 3D diagramy.

Modré jsou diagramy v azimutální (vodorovné, resp. horizontální) rovině při optimální elevaci, tzn. v elevaci, kde má anténa v dané výšce maximální zisk.

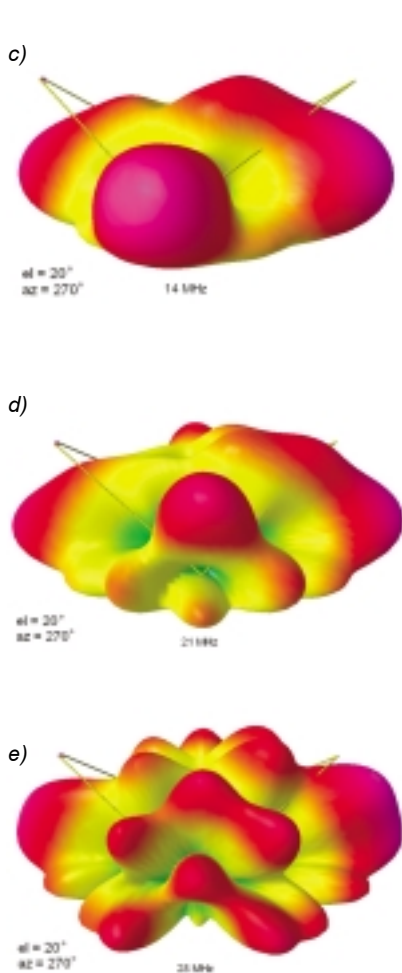
Červené diagramy zase platí v elevační (svislé, resp. vertikální) rovině orientované v azimutu, ve kterém má anténa v dané výšce maximální zisk. Vyjma pásma 3,5 MHz je



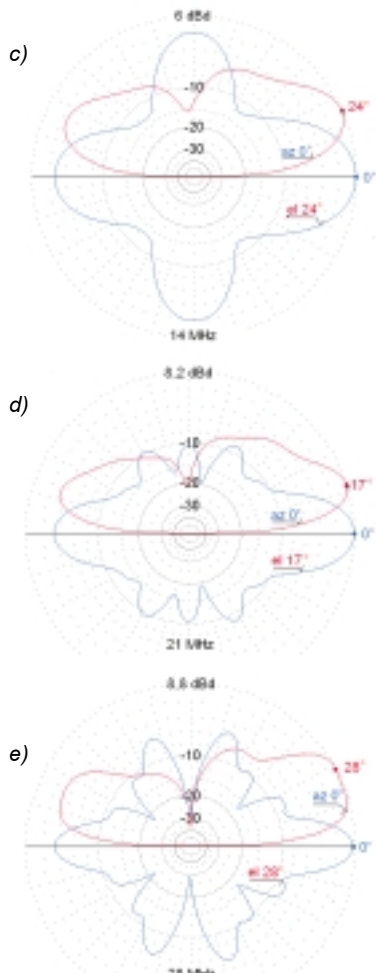
Obr. 2 a, b, c, d, e. 3D diagramy záření antény (3D)QUAD (dle obr. 1) na pásmech 3,5 - 7 - 14 - 21 a 28 MHz (obr. 2 pokračuje na následující straně)



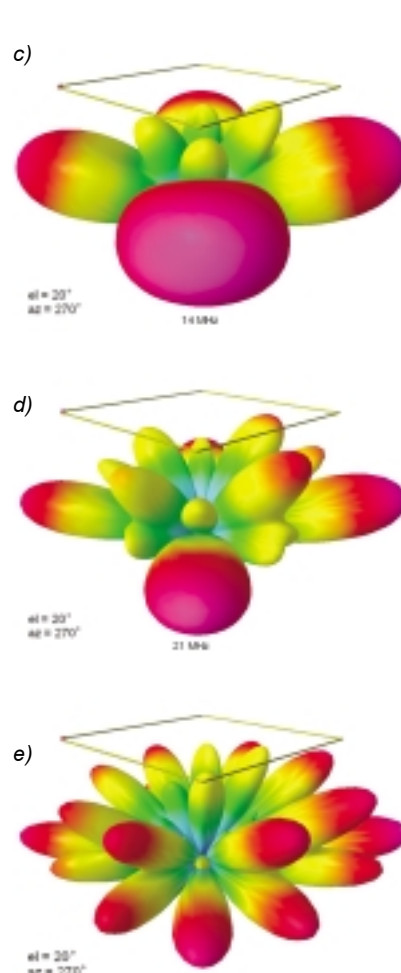
Obr. 3 a, b, c, d, e. 2D diagramy záření antény (3D)QUAD (dle obr. 1). Modré diagramy znázorňují záření v azimutální rovině. Červené diagramy znázorňují záření v elevační rovině (obr. 3 pokračuje na následující straně)



Obr. 2c až 2e



Obr. 3c až 3e



Obr. 4 c, d, e. 3D diagramy záření původní rovinné antény QUAD, upevněné ve výšce 15 m nad zemí. Vzhledem k malým rozdílům v záření obou antén na pásmech 3,5 a 7 MHz znázorňujeme jen diagramy na pásmech 14, 21 a 28 MHz, kde je vliv prostorového uspořádání antény QUAD zřetelný

to azimut 0°, ve směru úhlopříčné osy antény, proti místu napájení.

Na pásmu 3,5 MHz je záměrně znázorněn azimutální diagram při elevaci 45°, aby byla zřejmá všesměrovost antény i při „DX provozu“, kdy se komunikuje pod nižšími elevačními úhly, ovšem s poněkud menším ziskem. Přibližnou ztrátu zisku v dB lze z diagramů odečíst.

Na každém diagramu jsou ve stupních uvedeny oba úhlové údaje. Shodnou barvou (bodů a čísel) je zvýrazněna optimální elevace nebo azimut, opačnou barvou je definována azimutální (az) nebo elevační (el) rovina řezu prostorovým diagramem. Nulová elevace leží v rovině horizontu. Azimut je odečítán proti směru hodin z nulového azimutu u pravého vrcholu antény.

Výhodnější záření z prostorově modifikované antény (3D)QUAD je zjevné zvláště na vyšších harmonických pásmech, porovnáme-li je s prostorovým zářením původní rovinné antény QUAD na obr. 4 c, d, e upevněné ve výšce 15 m nad stejnou zemí. Znázorněny jsou jen diagramy na 14, 21 a 28 MHz, kde je vliv prostorového uspořádání velmi zřetelný, zatímco na obou nejnižších pásmech se od sebe (3D) diagramy obou antén výrazně neliší.

Platí pro původní rovinnou (tedy nezlomnou) anténu ve výšce 15 m nad stejnou zemí.

Na 3D diagramech obou antén jsou uvedeny orientační údaje o zisku v dBd, vztažené k zisku půlvlnného dipólu ve volném prostoru.

Pod každým 3D diagramem je kromě kmitočtu uveden ještě elevační úhel a azimut pohledu na prostorový diagram antény. Většinou je to nahléd z elevace 20° při azimutu

270°, který nabízí dobrou představu o prostorovém vyzařování antény. Pro větší názornost je do všech diagramů přikreslena silueta antény.

Výhodnější („všesměrovější“) záření je „vykoupeno“ poněkud nižší účinností vyzařování vlivem zemních ztrát, které se uplatňují ve snížené části (3D) antény, a to na 3,5 a 7 MHz. Tam proto také klesla vstupní impedance na 60 až 80 Ω. Anténa tak do jisté míry ztrácí původní napájecí vícepásmovost. Na pásmech 3,5 a 7 MHz lze připojit 50 nebo 75 Ω koaxiální kabel pouze pomocí symetrizačního členu s transformačním poměrem 1:1, zatímco na zbývajících pásmech se požadavek na transformační poměr 1 : 4 nemění.

V článku se uvádí, že „diagramy platí na pásmech 3,5 – 7 – . . . MHz“ – i když byly počítány jen na počátečních kmitočtech. Vzhledem k pozvolným a plynulým změnám vyzařovacích vlastností, ke kterým u těchto typů antén při změnách kmitočtů dochází, lze znázorněné diagramy považovat za relevantní v celém amatérském pásmu.

Zobrazené napájecí a zářivé vlastnosti by měly přispět k větší informovanosti o tomto typu antén a usnadnit tak případnou realizaci bez podrobných návodů, které zpravidla konkrétní údaje o elektrických vlastnostech postrádají – což se nevztahuje jen na antény smyčkové.

Poznámka k terminologii, která se může zdát poněkud matoucí, protože:

Vodorovný je také **horizontální**, ale i **azimutální**. **Svislý** je také **vertikální**, ale i **elevační**.

K porozumění článku pochopitelně přispívá jednoznačná a srozumitelná formulace

textu. Proto jsou tam výše zmíněné pojmy uváděny ve shodě s těmito „pravidly“:

Poloha antény (vůči zemi) je uváděna jako **vodorovná** nebo **svislá** (ale i šikmá).

Vyzařování, popř. jeho **polarizace** je **horizontální** nebo **vertikální** (ale i eliptická nebo kruhová).

Diagram záření je znázorňován nebo snímán v rovině **azimutální** nebo **elevační**.

Použité programy

Ke grafickému zobrazení napájecích a vyzařovacích vlastností bylo použito dostupných anténních simulačních programů 4NEC2 a EZNEC, odvozených ze známého NEC kódu (Numerical Electromagnetics Code), vyvinutého v šedesátých letech na univerzitě v Berkley (CA). Tyto programy existují ve dvou verzích NEC2 a NEC4. Zatímco NEC2 je již po desetiletí zcela uvolněn, tak podstatně přesnější NEC4 je stále přísně kontrolován a poskytován jen privilegovaným osobám a institucím.

[1] Voors, A.: 4NEC2. NEC based antenna modeler and optimizer – www.nec2.org nebo www.home.ict.nl/~arrivoors

[2] Lewallen, R., W7EL: EZNEC Antenna Software – www.eznec.com