

# O vícepásmových anténách (3)

## OCF dipóly

Jindra Macoun, OK1VR

**OCF dipól (z angl. Off-Centre-Feed) je účelnou modifikací původní antény WINDOM. Je napájen běžným koaxiálním kabelem jako většina ostatních dipólových antén. Zabráňuje se tím potížím, které provázejí vyzařování z jednodrátového napáječe původní windomky (viz [1] v PE 2/07).**

Odpadají také problémy s realizací protiváhy. Výpočty napájecích i zářivých vlastností se více přibližují realitě. **Excentrické napájení OCF dipólu usnadňuje přizpůsobení této jednoduché drátové antény na vyšších harmonických kmitočtech.** Další odstavce informují o této problematice podrobněji a navazují na první dvě části v PE 1 a 2/2007.

### Proč excentrické napájení

Na vodiči rezonanční drátové dipólové antény vznikají stojaté proudové a napěťové půlplny, které jsou navzájem o čtvrt vlny posunuty. Tam, kde je proudové maximum, je zároveň napěťové minimum. Na konci antény je vždy proudové minimum a napěťové maximum (obr. 1).

Pro další výklad postačí, budeme-li podél antény znázorňovat pouze proudové půlplny - v anténářské terminologii tzv. „proudové obložení“. Proudové obložení dipólové antény je dáno její délkou, kmitočtem, ale obecně nikoliv místem napájení.

Vstupní („svorková“) impedance ( $Z_a$ ) antény je určena poměrem vř napětí a proudu ( $E/I$ ) v místě napájení, tzn. vř aplikaci Ohmova zákona. V místě maximálního proudu a minimálního napětí je proto impedance malá a v místě minimálního proudu a maximálního napětí je impedance velká. Posunem napájecího bodu po

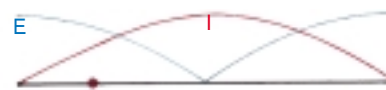
dél každé proudové půlplny proto může impedance měnit.

Na obr. 2 je znázorněn průběh svorkové impedance podél půlplnného rezonančního dipólu v závislosti na vzdálenosti od konce antény. Impedanci je prakticky jen reálný odpor, protože v rezonanci má impedance antény nulovou nebo zanedbatelnou reaktanční složku a ta se podél antény prakticky nemění s výjimkou oblastí na konci antény.

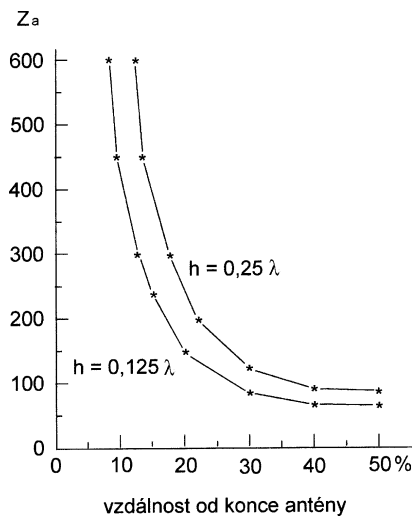
Pro obvyklé (nízkoimpedanční) napájení antény koaxiálním kabelem je nejvhodnějším místem napájení proudové maximum, popř. jeho okolí. Nejnevhodnějším místem je naopak proudové minimum.

Na vyšších harmonických kmitočtech má (původně půlplnný) dipól několik proudových maxim. Jejich úroveň se na každém dalším harmonickém kmitočtu snižuje (stálý výkon je rozložen do několika maxim podél antény), takže mají vyšší impedanci než v jediném proudovém maximu na kmitočtu základním.

Např. půlplnná horizontální anténa má v jediném proudovém maximu impedanci přibližně 70  $\Omega$ . Tatáž rezonanční anténa,



Obr. 1. Rozložení vř proudu ( $I$ ) a napětí ( $E$ ) podél půlplnné antény



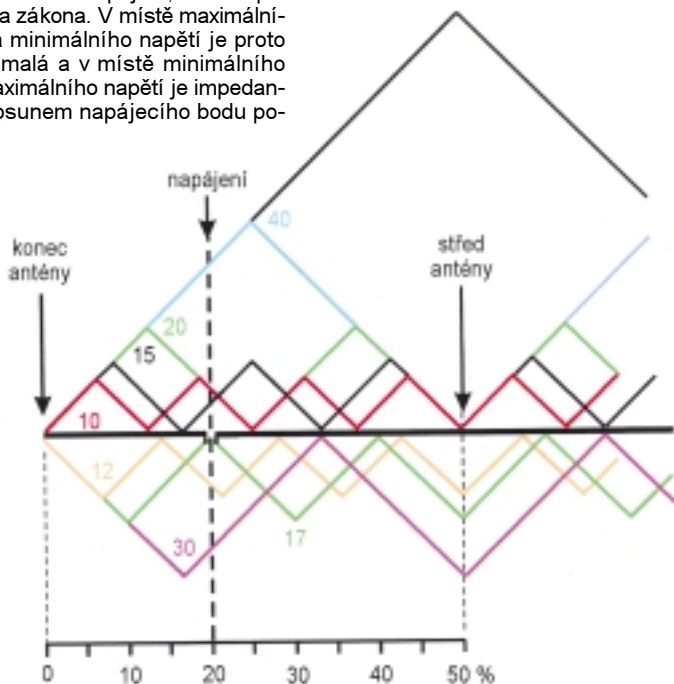
Obr. 2. Impedance ( $Z_a$ ) půlplnné, excentricky napájené rezonanční antény závisí na místě napájení. Vzdálenost napájecího místa od konce antény je vyjádřena v % celkové délky antény. Na impedanci má vliv i výška antény nad zemí. Proto jsou v grafu křivky pro výšky 0,125  $\lambda$  a 0,25  $\lambda$

provazovaná na 8. harmonické, má v každém z osmi proudových maxim impedanci přibližně 140  $\Omega$ . (Tyto hodnoty sice v závislosti na výšce antény periodicky kolísají, ale v našich úvahách se tím zatím nemusíme zabývat.)

Pro napájení půlplnné antény koaxiálním kabelem je tedy nejvhodnějším místem proudové maximum uprostřed antény. Na druhé harmonické je však ve stejném místě proudové minimum, tzn. maximální impedance (řádově až k $\Omega$ ), kterou zpravidla nelze běžným LC obvodem (ATU či transmatchem) přizpůsobit. Posuneme-li však napájení excentricky, zvýší se nám sice impedance na základním kmitočtu (viz obr. 2), ale zároveň se sníží na druhé harmonické, protože napájecí místo se tam posune mimo maximální impedanci uprostřed antény.

Např. pro kmitočty 3,5 a 7 MHz určuje výpočet optimální polohu napájecího bodu do vzdálenosti 27 % od konce rezonanční půlplnné antény. Vstupní impedance tam bude na obou kmitočtech téměř shodná - přibližně 110  $\Omega$ , takže na obou kmitočtech bude možné anténu přizpůsobit ke koaxiálnímu kabelu s impedancí 50  $\Omega$  širokopásmovým transformačním obvodem 2 : 1.

Na dalších harmonických pásmech se optimální poloha napájení posunuje dále ke konci antény. Se stoupajícím počtem provozních harmonických kmitočtů (pásem) je určení místa napájení obtížnější a kritičtější. Na 28 MHz (8. harmonická základního kmitočtu) je na anténě již osm maxim, tzn. že vzdálenost mezi minimem a maximem činí jen 1/16 celkové délky antény, ale optimální oblast vhodná pro připojení napáječe je podstatně užší, protože tam leží minima dalších harmonických.



Obr. 3. Proudové obložení půlplnného rezonančního zářiče na základním a sedmi následujících harmonických kmitočtech může být grafickou pomůckou pro volbu místa napájení vícepásmové OCF antény na amatérských KV pásmech. Pro větší přehlednost jsou proudové (sinusové) půlplny znázorněny jako trojúhelníky, což však nemá vliv na rozložení maxim a minim, které polohu místa napájení ovlivňuje. K přehlednosti přispívá i barevné rozlišení pásem, přičemž vyšší harmonická pásma částečně překrývají svojí barvou pásma nižší

Obecně platí, že na vyšších harmonických se napájecí bod stále více blíží k jejich proudovému maximu. Malé změny v délce antény a místě napájení proto výrazně ovlivňují napájecí vlastnosti na všech pásmech. Vyhledání vhodného místa je pak kompromisem v přizpůsobení na jednotlivých pásmech.

Obr. 3 je grafickou pomůckou pro volbu místa napájení vícepásmové OCF antény na amatérských KV pásmech. Znázorňuje proudové obložení na základním kmitočtu a sedmi dalších harmonických kmitočtech podél poloviny půlvlnného zářiče pro pásmo 80 m. Pro větší přehlednost jsou sinusové proudové půlvlny nakresleny jako trojúhelníky, což však neovlivňuje polohy minim a maxim. Právě jejich rozložení podél zářiče totiž rozhoduje o volbě optimálního místa napájení konkrétní vícepásmové antény. WARC pásma, která jsou (ne zcela přesnými) lichými harmonickými základního kmitočtu, jsou pro větší přehlednost zakreslena na „spodní“ straně zářiče. Všechna proudová minima jsou tak společně rozložena podél (poloviny) vodorovného zářiče.

Polohu napájecího bodu ovlivňuje rozsah požadované vícepásmovosti, tzn. konkrétní pásma, na kterých má být anténa jako vícepásmová provozována. **Poloha napájecího bodu se může měnit, ale zásadně by se neměla shodovat s minimem proudové stojaté vlny na žádném harmonickém provozním kmitočtu (pásmu).** V takovém místě má totiž anténa vysokou impedanci, kterou nelze přizpůsobit běžným širokopásmovým transformačním obvodem.

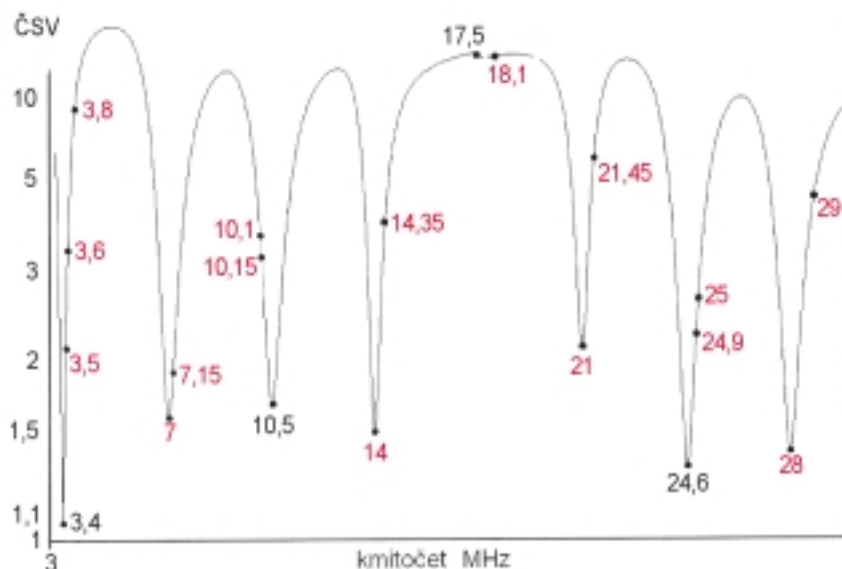
Např. na obr. 3 se zvolená poloha napájecího bodu ve vzdálenosti 20 % od konce antény shoduje s minimem proudové vlny 5. harmonické, tzn. WARC pásma 17 m (18 MHz). Z průběhu ČSV (obr. 4) je zřetelné vidět, že jediné v tomto pásmu nedochází k přizpůsobení.

Pokud by byl napájecí bod např. ve vzdálenosti 25 %, nebylo by přizpůsobeno pásmo 10 m (28 MHz). Naopak při centrálním napájení (50 %) lze anténu snadněji přizpůsobit na všech lichých harmonických, zatímco na sudých, tzn. na klasických KV pásmech bude vstupní impedance vysoká. Obecně platí, že se stoupajícím počtem provozních pásem se optimální místo napájení hledá obtížněji a jeho poloha je kritičtější. Je to ostatně zřejmé z „hustoty“ proudových minim všech KV pásem podél antény na obr. 3. Naopak menší počet provozních pásem umožňuje jejich dokonalejší přizpůsobení.

Polohu napájecího bodu vyjadřujeme jeho procentní vzdáleností od konce antény. Jaká je vlastně skutečná délka antény?

## Rezonanční délka antény

Víme, že skutečná (fyzická nebo mechanická) délka přímé půlvlnné rezonanční antény je obvykle kratší než délka elektrická, protože rychlost šíření elektromagnetických vln je podél skutečného vodiče menší než ve volném prostoru. Vyjadřuje se činitelem zkrácení, který závisí na poměru délky a průměru anténního vodiče, čili na „štíhlosti“ anténního vodiče. Rezonanční délku dále ovlivňuje tzv. koncový efekt, vyvolaný koncovou rozptylo-



Obr. 4. Průběh ČSV na vstupu excentricky napájené půlvlnné rezonanční antény v pásmu 3 až 30 MHz. ČSV se vztahuje k vlnové impedanci 200 Ω. Platí pro délku antény 42,4 m, Cu vodič Ø 2 mm, napájení ve vzdálenosti 8,5 m (20 %) od konce antény a pro výšku 15 m nad reálnou zemí ( $S/m = 0,005$ ,  $e = 13$ ). Zvolené rozměry preferují optimální přizpůsobení na počátcích pásem, tedy v segmentech určených pro CW provoz. Červená čísla ohraničují amatérská pásma, popř. jejich části

vou kapacitou anténního vodiče, včetně závěsných izolátorů. Jistý vliv má i výška antény nad zemí. Většina simulačních programů tyto okolnosti zohledňuje, takže výpočet impedance půlvlnné rezonanční antény bývá měřením potvrzen.

Ukazuje se, že na vyšších harmonických pásmech se zkrácení antény mírně zmenšuje, takže rezonance, tj. minimální ČSV, se tam posunuje nad přesné harmonické kmitočty, odvozené z kmitočtu základního. Je to způsobeno tím, že zatímco na základním kmitočtu ovlivňují zkrácení jedné půlvlny dvě koncové kapacity, tak na harmonických kmitočtech ovlivňují zkrácení několika půlvln opět jen dvě koncové kapacity. Jejich vliv je proto relativně menší, a zkrácení tedy menší.

Prakticky to znamená, že např. anténa 41,2 m dlouhá, napájená ve vzdálenosti 8,25 m, tj. 20 % od konce, rezonující a přizpůsobená na kmitočtu 3,5 MHz, vykazuje zkrácení 0,96 (viz obr. 2 v PE 1/07). Na 8. harmonické však anténa nerezonuje na 28 MHz, ale až na 28,9 MHz, což odpovídá menšímu zkrácení 0,99. Vzhledem ke strmosti křivky v okolí rezonančních kmitočtů se tím přizpůsobení (ČSV) na přesných harmonických kmitočtech zhoršuje. Prodloužením antény lze posunout základní kmitočet poněkud níže (prakticky na 3,4 MHz), tak aby ostatní harmonické kmitočty ležely co nejbližší minima ČSV, ovšem za cenu horšího přizpůsobení na 3,5 MHz, jak je to zřejmé z obr. 4.

Strmost křivek v okolí harmonických kmitočtů omezuje provozní šířku amatérských harmonických pásem (bez „dopřizpůsobování“) na poměrně úzké CW sektory na počátku všech pásem. WARC pásma 30 m (10,1 až 10,15 MHz) a 12 m (24,89 až 24,99 MHz), která „neleží“ na přesných (lichých) harmonických kmitočtech (viz obr. 4 v PE 1/07), proto neleží na „špičkách“, ale na bocích těchto křivek.

U této jednoduché „vícepásmové“ jednodrátové antény se každá změna dél-

ky zářiče a místa napájení projeví na všech pásmech. Konečná kombinace délky a místa napájení je vždy kompromisním řešením.

ČSV se vztahuje na impedanci 200 Ω, což je průměrná impedance OCF antény na základním a ostatních harmonických kmitočtech.

Nezbytným příslušenstvím je proto kvalitní širokopásmový transformační a symetizační obvod 1 : 4, umožňující napájení koaxiálním kabelem 50 Ω.

Napájecí vlastnosti byly analyzovány a zobrazeny programem EZNEC. Poslední demoverze programu EZNEC 4.0 včetně kompletního a velmi poučného manuálu je volně k dispozici na stránkách autora programu, Roye Lewallena, W7EL:

<http://www.eznec.com>



DR OMS,

program Windom2.exe (pozn. red.: viz PE 2/07, s. 31, 32) jsem si už stáhl i vyzkoušel. Je jednoduchý a přitom dobrý, zkusel jsem jím i namodelovat 40 m LW anténu (což program umožňuje) na 3,7 MHz, kterou s jednoduchým transmatchem používám na všech KV pásmech od 3,5 do 28 MHz s PSV 1,0 až 1,1. Též jsem zkusel program MMANAgal pro výpočet antén od JE3HHT, který je ovšem značně rozsáhlejší. Program MMANAgal je volně ke stažení na adrese: <http://dl2kq.de/mmana/4-7.htm>  
Hodně úspěchů přeje

Dušan Hanák, OK2SWD

(<http://www.ok2swd.nagano.cz>)