

O vícepásmových anténách (4) OCF dipóly (2)

Jindra Macoun, OK1VR

Excentrické napájení rezonanční dipólové antény usnadňuje její přizpůsobení na harmonických pásmech, tzn. že se z hlediska napájení stává anténou vícepásmovou. Doložili jsme to průběhem ČSV konkrétní antény v pásmu 3 až 30 MHz (obr. 4 v PE 4/2007). Použité rozměrové uspořádání vytvořilo podmínky pro její přijatelné přizpůsobení k vlnové impedanci 50 Ω v poměrně úzkých kmitočtových segmentech na sedmi amatérských pásmech (počínaje pásmem 80 m) pomocí širokopásmového obvodu s transformačním poměrem 1:4.

V radioamatérské literatuře a v poslední době i na internetu byla OCF anténa (jinak také „koaxiálem napájená windomka“) již vícekrát popsána s tím, že jde o jednoduchou anténu, přizpůsobenou na několika, popř. všech amatérských KV pásmech. Přestože se pokaždé jedná o stejný typ antény na shodná pásma, tak se publikované rozměrové údaje často neshodují. Jak posoudit, který popis je „ten pravý“, čili jak vybrat anténu, která je na uvedených pásmech přizpůsobena pokud možno bez dalšího „dopřizpůsobování“ pomocí ATU u vysílače?

Z praktického hlediska nemůže být žádná z popsaných variant „špatná“. Pomocí ATU je obvykle na uvedených pásmech (nebo jejich částech) přizpůsobitelná – někdy snadněji, někdy obtížněji. Obecně je to také anténa, která má na všech pásmech velký vyzařovací odpor, takže se na její účinnosti prakticky neprojeví případné změny relativně malých ztrátových odporů v obvodu antény. Vzájemné porovnání popsa-

ných antén při praktickém provozu nepřináší jednoznačný závěr, protože tímto způsobem je objektivně hodnotit nelze. Posouzení jednotlivých variant počítačovou simulací je již užitečnější.

Lepší orientaci v této problematice proto napomůže, zmíníme-li podrobněji okolnosti, které ovlivňují vícepásmové impedanční vlastnosti OCF antény.

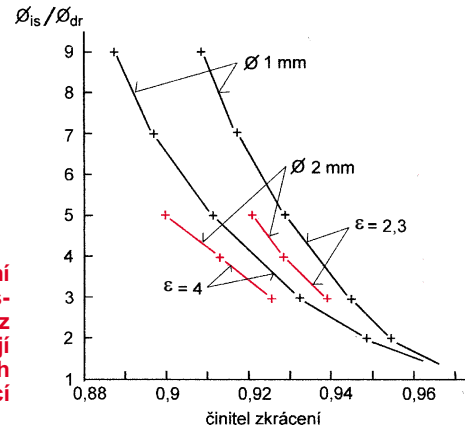
Jsou to zejména:

- délka vlastního zářiče,
- místo napájení,
- transformační obvod.

• **Délka zářiče rozhodujícím způsobem ovlivňuje základní rezonanční kmitočet, a tudíž i další harmonické kmitočty.**

Je všeobecně známo, že skutečná (fyzická) délka zářiče je vždy kratší než délka elektrická. Podrobněji to již bylo zmíněno ve 3. části tohoto článku (PE 04/07, s. 32).

Rychlost šíření elmag. vln podél anténního vodiče, vyjádřená činitelem zkrácení

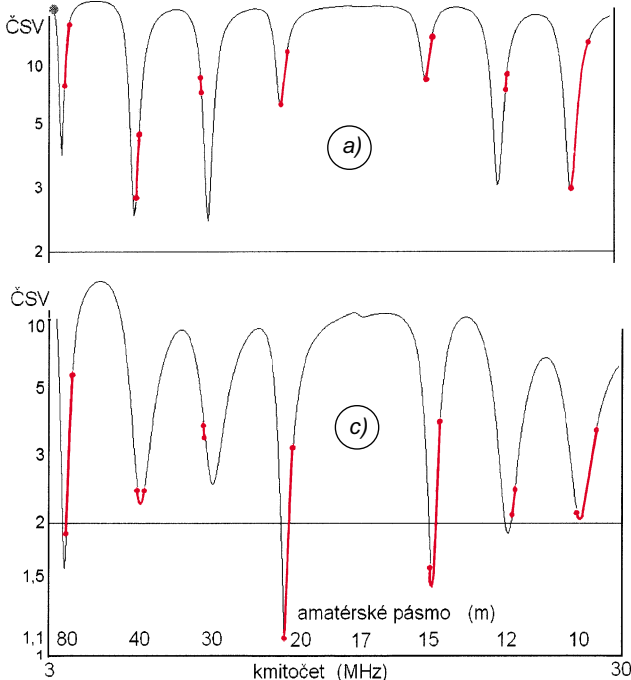


Obr. 1. Zkrácení půlvlnného izolovaného zářiče závisí na dielektrické konstantě (ϵ) izolace a na poměru průměrů izolace (\varnothing_{is}) a „vnitřního“ vodiče – drátu (\varnothing_{dr}). Čím je vrstva izolace tenčí (poměr průměrů se blíží jedničce), tím více se všechny křivky blíží k hodnotě 0,97, která ve volném prostoru platí pro půlvlnný zářič o průměru 2 mm v pásmu 80 m

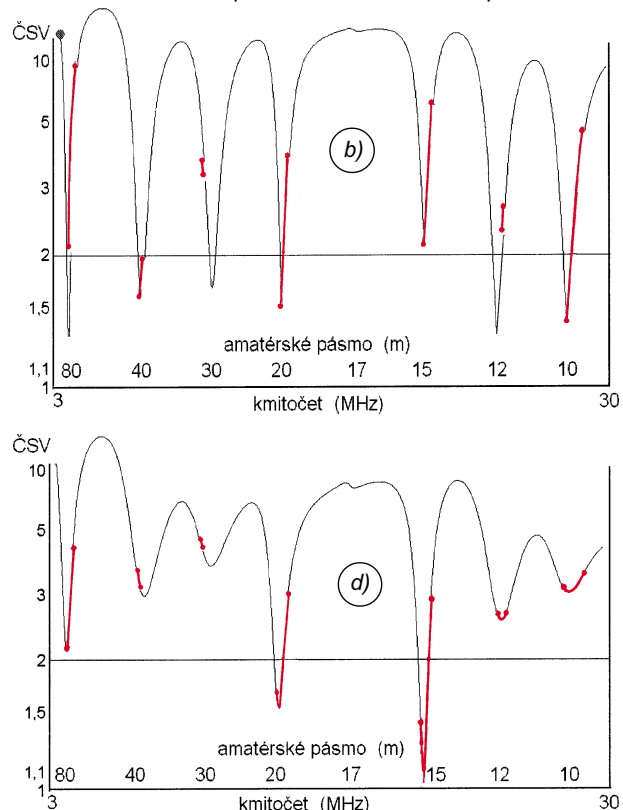
(k), je ovlivňována nejen štíhlostí zářiče a rozptylovou koncovou kapacitou, ale také dielektrickými vlastnostmi a tloušťkou izolantu, pokrývajícího anténní vodiče izolovaně. Zkrácení antény závisí na dielektrické konstantě (ϵ) a poměru průměrů ($\varnothing_{is}/\varnothing_{dr}$) izolace a vlastního vodiče – drátu. Čím je každá z uvedených hodnot vyšší, tím je zkrácení antény větší, tzn. číselná hodnota činitele zkrácení (k) menší.

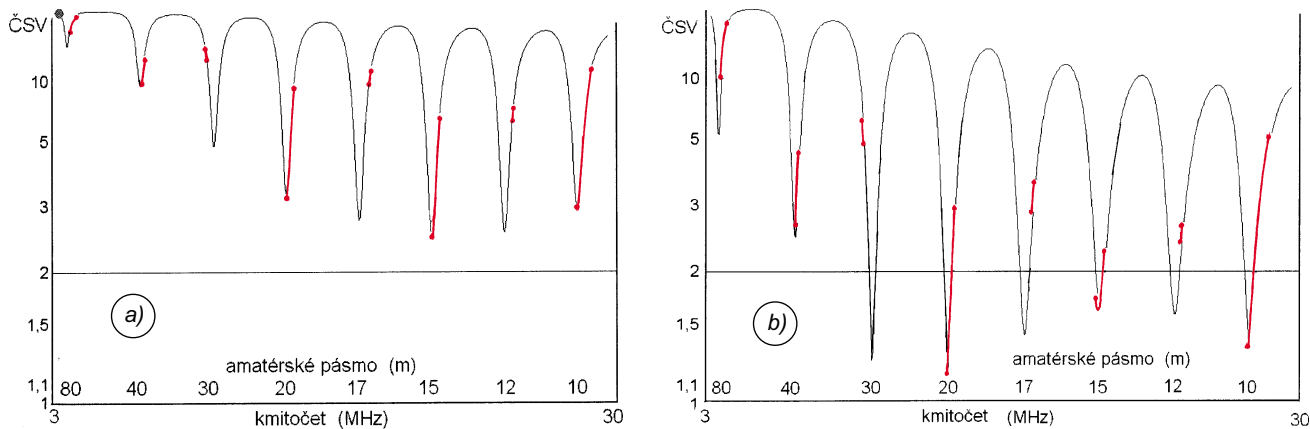
Tato závislost je graficky znázorněna na obr. 1. a platí pro zkrácení drátového půlvlnného rezonančního dipólu. Byla sice odvozena z výpočtu rezonančních délek v pásmu 80 m, ale je použitelná i na jiných KV pásmech, kde lze považovat anténu s neizolovanými vodiči o \varnothing 1 až 2 mm ještě také za velmi „štíhlou“, se zkrácením 0,97.

Např. u často používaného „PK vodiče“ s průměrem izolace 3 mm a průměrem vo-



Obr. 2. Průběh ČSV v pásmu 3 až 30 MHz, vztažený na impedanci 50 Ω (a), 200 Ω (b), 300 Ω (c) a 450 Ω (d), ukazuje vliv transformačních poměrů (1:1, 1:4, 1:6 a 1:9) na přizpůsobení rezonanční půlvlnné antény o délce 42,5 m z Cu vodiče o \varnothing 2 mm, napájené ve vzdálenosti 8,5 m (20 %) od konce antény, upevněné 15 m nad reálnou zemí ($S/m = 0,005$, $\epsilon = 13$). Křivky jsou zvýrazněny v celém rozsahu jednotlivých amatérských pásem, s výjimkou posledního 10 m pásma, které je zvýrazněno jen v rozsahu 28 až 29 MHz





Obr. 3. Průběh ČSV v pásmu 3 až 30 MHz, vztažený na impedance 50 Ω (a) a 200 Ω (b), ukazuje vliv transformačních poměrů 1:1 a 1:4 na přizpůsobení této antény, napájené ve vzdálenosti 3,4 m (8 %) od konce. Jsou zde vyjádřeny rezonance na všech harmonických pásmech, protože místo napájení se neshoduje s žádným proudovým minimem

diče asi 1 mm je nutné počítat s činitelem zkrácení 0,932 při dielektrické konstantě $\epsilon = 4$. (PK vodič je lanko s několika měděnými a ocelovými vodiči, pokryté PVC izolací. Tento původně vojenský telefonní „pévecák“ se pro své dobré mechanické vlastnosti často používá na stavbu drátových antén.)

V tabulkách se pro PVC uvádí dielektrická konstanta ϵ v rozsahu 2,3 až 4. Prakticky to znamená, že např. půlvlnnou anténu o délce 41,5 m, zhotovenou z holého vodiče o průměru 2 mm, rezonující ve volném prostoru na 3,5 MHz ($k = 0,97$), je nutné při použití výše zmíněného PK vodiče zkrátit až o 1,62 m ($k = 0,932$), tzn. na délku 39,9 m (uvažuje-li se $\epsilon = 4$), aby se její rezonanční kmitočet nezměnil. S původní délkou by izolovaná anténa rezonovala již na 3,26 MHz. Počítá-li se s minimální dielektrickou konstantou $\epsilon = 2,3$, bude činit zkrácení 0,943, takže anténa by měla mít délku 40,4 m.

Z uvedených příkladů je vidět, že publikované vlastnosti antény se nakonec nemusí shodovat se skutečnými, není-li zvolen tentýž vodič, ze kterého je popisovaná anténa zhotovena. Jeho podrobnější specifikace však v mnoha popisech často chybí.

Na druhé straně není podstatné, zda je vodič antény měděný nebo ocelový. Měrný odpor oceli ($\rho = 0,15 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) je sice 8,6krát větší než měrný odpor mědi ($\rho = 0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$), ale na účinnosti antény se to vzhledem k velkému vyzařovacímu odporu prakticky neprojeví. Zisk půlvlnného dipólu z ocelového drátu klesne jen o 0,3 dB proti zisku téhož dipólu z drátu měděného. Stejně malý vliv má i horší kvalita PVC izolace.

Pro úplnost dodejme, že na zkrácení má vliv i výška antény nad zemí. Na 80 m pásmu by měla být upevněna alespoň 10 m nad zemí, aby se to na délce antény prakticky neprojevovalo.

● **Místo napájení, resp. poloha napájecích svorek na anténním zářiči rozhoduje o tom, na kterých harmonických pásmech bude anténa (přijatelně) přizpůsobena.**

Vychází se z proudového rozložení stojatých vln všech harmonických kmitočtů (pásem) podél anténního zářiče, jak je to schematicky znázorněno na obr. 3 v předchozí části (PE 4/07, s. 31) a tamtéž podrobně vysvětleno.

Z uvedeného je zřejmé, že na rozdíl od poměrně přesně definované délky zářiče je

možné zvolit místo napájení „téměř libovolně“. Jmenovité rezonanční kmitočty to neovlivní, ale v závislosti na místě napájení se bude individuálně měnit přizpůsobení na harmonických kmitočtech (pásmech), a to od velmi dobrého až po zcela nevyhovující.

Optimální poloha napájecího místa by proto měla být zvolena tak, aby se vstupní impedance antény na jednotlivých pásmech od sebe příliš nelišily. Protože anténa je na všech harmonických pásmech v rezonanci, takže se na vstupních svorkách její impedance převážně jen jako reálný, i když různě velký odpor, měl by pro její přizpůsobení stačit neladěný širokopásmový transformátor.

Jeho transformační poměr závisí na přesném naladění antény do rezonance na harmonických kmitočtech a na rozsahu, v jakém se tam budou měnit odporové složky impedancí. V optimálním uspořádání vyhovuje transformace 1:4.

Názornější pohled poskytuje grafické znázornění průběhů ČSV na svorkách antény v pásmu 3 až 30 MHz, (obr. 2 a, b, c, d), napájené ve vzdálenosti 20 % od konce. Jsou vztaženy k impedancím, transformovaným z 50 Ω na 50 Ω, na 200 Ω, na 300 Ω a na 450 Ω, tj. v poměrech 1:1, 1:4, 1:6 a 1:9, které se u různých variant excentricky napájené windomky doporučují. (Výjimečná je transformace v poměru 1:1, která je zde uvedena jen jako referenční.)

Nejpříznivější hodnoty ČSV se dosahuje při transformaci 1:4. Vyšší transformační poměry vyhovují spíše u antén nepřesně „střížených“, protože na vyšších impedancích se zmenšuje rozsah změn ČSV v jednotlivých pásmech, což klade menší nároky na ATU u vysílače. Ten je však nezbytný i u dobře navržené antény, pokud se budou využívat celá pásma a nikoli jen jejich relativně úzké segmenty určené pro CW provoz. Dolaďovat bude nutné též WARC pásma, která neleží na přesných harmonických kmitočtech.

Na obr. 3 a, b jsou pak znázorněny průběhy ČSV u OCF antény, napájené ve vzdálenosti 8 % od konce. Zde je anténa napájena již mimo všechna proudová minima, tzn. mimo maximální, obtížně přizpůsobitelné impedance (viz obr. 3 v PE 4/07), takže na křivce jsou zřetelně vyjádřeny rezonance všech harmonických se z výraznějšími amatérskými pásmy. Je zřejmé, že na 3,5 MHz je však již impedance příliš velká a ČSV nepříznivé. Znázorněné průběhy ČSV platí při užití ideálního širokopásmového a bezztrátového transformátoru.

V praxi však bývají měřeny a mnoha autory uváděny příznivější hodnoty ČSV. Vlastní ztráty použitého transformátoru sice mohou ČSV zmenšovat, daleko častěji však mají na (zdánlivě) dobré, až velmi dobré přizpůsobení vliv jiné okolnosti. Je to jednak záření vlastního napáječe, způsobené špatně provedeným transformátorem na straně jedné, a pak i kvalita reflektometru, včetně jeho připojení na straně druhé. (Zde odkazujeme na sérii článků o reflektometrech a jejich použití na KV pásmech [1, 2] od OK1AYY.)

V amatérské literatuře [3] se setkáváme s úpravami, které údajně dále zlepšují impedanční poměry excentricky napájené windomky, popř. zabezpečují její přizpůsobení i na nových WARC pásmech. Většinou jsou to však převzaté konstrukce, publikované již koncem 80. let, kdy se ještě nepoužívaly simulační programy a antény se posuzovaly subjektivně, zpravidla jen provozem na pásmech.

Jsou označovány jako dvojitě windomky (Doppel Windom Antenne) nebo přídavné windomky (Zusatz-Windom Antenne). Dle popisů a schémat jde v podstatě o další excentricky napájenou anténu – půlvlnnou windomku na 15 m nebo 30 m pásmo, která je připojena paralelně ke svorkám původní jednoduché antény na 80 m nebo 160 m pásmo.

Počítačová simulace ukazuje, že se původní „logický“ průběh křivky ČSV tímto uspořádáním mění i průběh více méně chaotický s rezonancemi na nepředvídatelných kmitočtech.

Z praktického hlediska sice není žádná z těchto kombinovaných windomek nepoužitelná nebo „špatná“, ale její impedanční vlastnosti nejsou jednoznačně definovatelné.

Literatura

[1] Erben, Jaroslav, OK1AYY: Amatérské konstrukce kmitočtově nezávislých SWR/PWR – metru pro KV. Část 1 a 2. Radioamatér č. 3 a 4/2002.

[2] Erben, Jaroslav, OK1AYY: Pověry a mýty kolem SWR/PWR – metru pro KV. Část 1 až 4. Radioamatér č. 3, 4, 5, 6/2005 a č. 1/2006.

[3] Kruschke, Alois, DJ0TR/OE8AK: Rot-hammels Antennenbuch. DARC Verlag, 12. vydání.