

O vícepásmových anténách (8)

Anténa Big Loop (1)

Jindra Macoun, OK1VR

Anténou s vícepásmovým napájením je i méně užívaná anténa „Big Loop“ – velká smyčka s jednovlnnou (1λ) délkou obvodu na základním (nejnižším) provozním kmitočtu. Její výhodou je poměrně příznivé přizpůsobení na všech amatérských harmonických KV pásmech. Proudové obložení smyčky však nezařazuje shodné vícepásmové vlastnosti zářivé. V porovnání s dříve popsanými anténami (WINDOM, G5RV, OCF) však jsou její zářivé a zejména impedanční vlastnosti příznivější.

Velké smyčky jsou hlavním tématem této části. Úvodem zmíníme základní informace o anténách tohoto typu.

Smyčkové antény se zásadně dělí na malé a velké. Za samostatnou podskupinu můžeme považovat ještě smyčky půlvlnné.

Malé jsou smyčky, jejichž obvod je podstatně menší než $\lambda/2$ ($C \ll \lambda/2$). Malá smyčka kruhová má proto průměr $D \ll 0,15 \lambda$.

To jsou minimální požadavky pro konstantní rozložení vř proudů podél malé smyčky a tím i pro její všesměrové záření s maximem v rovině smyčky (tzn. v rovině kolmé k ose smyčky) a minimem záření v ose smyčky. Malá smyčka tedy září radiálně (v rovině poloměru – „radius“).

Prostorový (3D) diagram záření malé smyčky má tvar prstence (anuloidu), jehož osa je i osou smyčky. Podobně září krátký lineární dipól, shodný (rovnoběžný) s osou této malé smyčky. Proto je také malá smyčka nazývána magnetickým dipólem. Čím menší je průměr malé smyčky, tím výraznější je minimum v její ose. Diagram záření (2D) na obr. 1 je tedy svislým řezem prostorového (3D) diagramu malé smyčky i krátkého dipólu.

Souosým sériovým spojením malých vodorovných smyček vzniká anténa šroubovicová [1] – např. populární „pendrek“ pro přenosné VKV radiostanice nebo také velmi krátká mobilní KV anténa s minimálním zářením ve svislé ose. Souosým sériovým spojením malých svislých smyček je i vícezávitová rámová či feritová anténa pro středovlnná a dlouhovlnná pásma rozhlasová s minimem záření ve vodorovné ose.

Do kategorie malých smyček patří i otočné, svislé kruhové antény pro amatérská KV pásma o průměru 0,01 až 0,03 λ , doladované do rezonance proměnným kondenzátorem na svorkách smyčky. Jsou extrémně úzkopásmové,



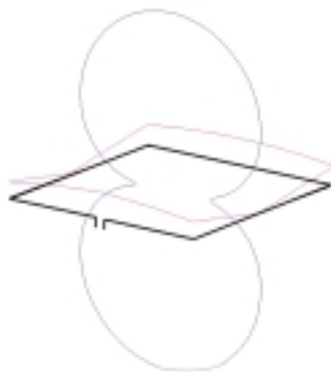
Obr. 1. Podél malé (čtvercové) smyčky se vř proud rozloží rovnoměrně, takže v rovině smyčky je záření všesměrové. Prostorový (3D) diagram záření má tvar prstence (anuloidu), jehož osa je totožná s osou malé smyčky

ale velmi užitečné při účinném potlačování rušivých signálů ze směrů shodných s vodorovnou osou rámové či feritové antény. (Podrobnější informace o malých smyčkách a jejich aplikacích na pásmech VKV najde čtenář např. v KE 3/2002 – [1]).

Velké jsou smyčky, jejichž obvod $C > 0,8 \lambda$. Podél velké, celovlnné, přesněji jednovlnné ($C = 1 \lambda$) smyčky (kruhové, vícestranné, čtvercové nebo trojúhelníkové) vznikne stojatá vlna, která má dvě „soufázová“ proudová maxima na protilehlých stranách smyčky [2]. Na bočních stranách tečou vř proudy v protifázi a jejich vyzařování se tím ruší. V místě napájení a na protilehlé straně jsou tedy maxima soufázových proudů, jejichž účinky se sčítají ve směru osy, kolmé k rovině smyčky. Celovlnné smyčky září axiálně (axis = osa), tzn. s maximem ve směru osy smyčky.

Velké, resp. celovlnné vodorovné smyčky proto září vertikálně a tytéž svislé smyčky září horizontálně, tedy opačně než smyčky malé.

Populární celovlnnou smyčkou je čtvercová smyčka – QUAD, napájená uprostřed jedné strany, nebo kosočtvercová – DIAMOND, napájená v jednom vrcholu. Rozložení vř proudů je u diamondu podobné jako u quadu. Rozdíl je v tom, že soufázové proudy se v místě napájení a v protilehlém vrcholu (kde se vodiče lomí) vektorově sčítají a vytvářejí tak fiktivní soufázové, paralelně orientované proudy (jako u čtvercové smyčky napájené uprostřed strany), jejichž účinky se opět sčítají ve směru kolmém k rovině smyčky.



Obr. 2. Podél velké (čtvercové) smyčky s obvodem $C = \lambda$ se vytvoří stojatá proudová vlna. Soufázové, paralelně orientované vř proudy v protilehlých stranách tvoří dvojici soufázově napájených prvků s příčným (kolmým k rovině smyčky) vyzařováním

Uzavřená nenapájená celovlnná smyčka může působit i jako pasivní prvek – direktor či reflektor podle své délky. Takové smyčky se mohou sestavovat v řady podle stejných zásad jako přímé zářiče. V praxi se nejčastěji setkáváme s řadami podélně vyzařujícími, které jsou ekvivalentní s řadami Yagiho, používanými ve směrových anténách na KV (dvou- až pětiprvkové quady) i VKV pásmech (víceprvkové „loopyaginy“). To je také obvyklé využití celovlnných smyček.

U uzavřených smyčkových zářičů dochází na rozdíl od přímých (lineárních) zářičů k jejich efektivnímu prodloužení namísto zkrácení, které je u dipólových antén způsobeno koncovou kapacitou vodiče. U smyčkových antén je proto nutné počítat s rezonanční délkou obvodu smyčky $C \cong 1,03 \lambda$. U vícepásmových smyček pro KV pásma ji ovšem ještě ovlivňuje různá výška antény na jednotlivých pásmech.

Průměr vodiče má na rezonanci, tedy i na „prodloužení“ (uzavřené) smyčkové antény podstatně menší vliv než na „zkrácení“ (otevřené) antény dipólové.

Vstupní impedance celovlnné smyčky ($C = 1 \lambda$) se v rezonanci pohybuje kolem 100 až 150 Ω .

Velké, celovlnné až několikavlnné smyčky (různých tvarů) se používají prakticky jen na amatérských KV pásmech pro jejich příznivé vícepásmové napájecí vlastnosti na harmonických pásmech.

Půlvlnnou smyčku můžeme považovat za půlvlnný kruhový nebo zalomený dipól, napájený na koncích, tzn. v místě s velmi vysokou impedancí. Je to pocho-pitelné, uvědomíme-li si, že půlvlnná smyčka je principiálně čtvrtní zkratované vedení, které se na svých koncích (tzn. na svorkách této půlvlnné antény) jeví jako nekonečný odpor.

Prostorový (3D) diagram záření půlvlnné smyčky má ve volném prostoru kulový tvar, přibližující se vyzařování všesměrového – izotropického zářiče. Je to vlastně přechodný tvar mezi diagramem malé a velké smyčky, kde se právě „vyplnila“ navzájem kolmá minima.

Půlvlnná smyčka napájená na koncích se běžně nepoužívá, i když ji lze také přizpůsobit, např. čtvrtvlnným zkratovaným vedením, které je napájeno koaxiálním kabelem na odbočce poblíž zkratovaného konce.

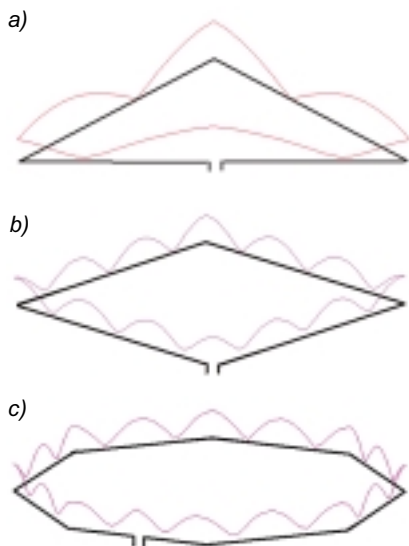
Půlvlnným smyčkám se svým vyzařováním přibližují zalomené půlvlnné dipóly [3].

Vícepásmové napájení velkých smyček

Vícepásmové napájení umožňuje přibližně shodná vstupní impedance antény na všech harmonických pásmech. Měla by to být impedance „nízká“, usnadňující „dopřizpůsobení“ antény ke koaxiálnímu napájecí v provozně nezbytném kmitočtovém rozsahu každého pásma.

Každý rezonanční zářič vykazuje nízkou impedanci v proudové kmitně, čili v napětovém minimu.

U lineárních dipólových antén (popisovaných v předchozích článcích) se stojaté vlnění rozloží na zářiči závisle na jeho délce, když na obou koncích antény je na všech pásmech maximální vř napětí a mi-



Obr. 3. Kolem každé rezonanční smyčkové antény se v závislosti na délce obvodu vytvoří stojaté proudové půlvlny. Při sudém počtu půlvln bude ležet proudové maximum vždy v místě napájení bez ohledu na tvar smyčky, např. na třech různých smyčkách s obvodem 1λ na 3,5 MHz (85,2 m):

- a) DELTA (trojúhelníková) anténa napájená uprostřed strany má na 7 MHz 4 maxima;
- b) QUAD (čtvercová) smyčka napájená ve vrcholu má na 21 MHz 12 maxim;
- c) OCTAGONAL (osmistranná) smyčka napájená uprostřed strany má v pásmu 28 MHz 16 maxim

maximální, prakticky nulový v proud. Na všech harmonických pásmech je tedy na obou koncích antény přibližně shodná, ale velmi vysoká impedance, obtížně širokopásmově transformovatelná na nízkou vlnovou impedanci napáječe.

Podél dipólové antény se na harmonických pásmech napětí a proudová maxima a minima střídají, takže se v obvyklém místě napájení, uprostřed antény, extrémně mění i vstupní impedance antény na sudých a lichých harmonických pásmech. Kompromisním posunem místa napájení z proudových maxim, resp.

napětíových minim u OCF dipólů [4], nebo pomocným úsekem vysokoimpedančního napáječe u antény G5RV [5] se sice podmínky pro vícepásmové přizpůsobení poněkud zlepšují, k ideálnímu řešení to však má daleko, nehledě na to, že některé pásmo prakticky přizpůsobit nelze.

U velkých smyček se stojaté vlnění rozloží také závisle na délce obvodu smyčky. Na základním kmitočtu, kde je anténa jednovlnná, se vytvoří dvě půlvlny. Na každém dalším (celém) harmonickém kmitočtu se jejich počet o dvě zvýší.

Bude-li mít jednovlnná smyčka na kmitočtu 3,5 MHz dvě proudová maxima, budou na harmonickém kmitočtu 7 MHz 4 proudová maxima, na 10,5 MHz 6 maxim, na 14 MHz 8 maxim, na 17,5 MHz 10 maxim, na 21 MHz 12 maxim, na 24,5 MHz 14 maxim a na 28 MHz 16 maxim – a to bez ohledu na tvar smyčky (obr. 3a, b, c).

Je tedy zřejmé, že **na uzavřené smyčkové anténě, jejíž obvod je na základním (nejnižším) provozním kmitočtu celým a zároveň sudým násobkem půlvlny, se na každém harmonickém kmitočtu vytvoří v místě napájení proudové maximum s relativně příznivou vstupní impedancí, bez ohledu na tvar smyčky**, jak je to též patrné z průběhů ČSV v pásmu 3 až 30 MHz na obr. 4a, b.

Platí pro nejjednodušší (rovnostřednou) smyčku trojúhelníkovou (delta-loop), pro smyčku čtvercovou (quad-loop). Obě smyčky mají stejný obvod – 85,2 m, jsou vodorovné, ve výšce 15 m nad reálnou zemí. Každá ze smyček je napájena uprostřed jedné ze stran.

Průběh ČSV je u všech antén velmi podobný, i když jsou tvarově odlišné. **Mají však stejný obvod, což je rozhodující rozměrový parametr pro volbu základního kmitočtu a jeho harmonických. Průběh ČSV se příliš nemění ani při jiném místě napájení.**

Počáteční kmitočty WARC pásem 10,1 – 18,1 – 24,9 MHz, které se neshodují s přesnými násobky základního kmitočtu 3,5 MHz, leží poněkud mimo proudové maximum jeho harmonických kmitočtů 10,5 – 17,5 – 24,5 MHz. Nepříznivě se to ale projevuje jen v pásmu 10,1 MHz, jak je patrné z průběhů ČSV na obr. 4a, b.

Pro úplnost dodejme, že **na uzavřené smyčkové anténě, jejíž obvod je lichým násobkem půlvlny, vznikne v místě napájení proudové minimum s velmi vysokou vstupní impedancí antény.**

V našem případě to platí na kmitočtech 5,25 – 8,75 – 12,75 – 15,75 – 19,25 – 22,75 a 26,25 MHz, kde tomu odpovídají i maximální hodnoty ČSV, jak je rovněž patrné na obr. 4a, b.

Předchozí závěry o napájení smyček se nám zjednoduší, považujeme-li jakoukoliv **uzavřenou smyčku za zkratované symetrické vedení, jehož délka je polovinou délky obvodu uvažované smyčky.**

Jednovlnné smyčkové anténě ($C = 1 \lambda$) tak odpovídá půlvlnné zkratované vedení, které transformuje nulovou impedanci zkratu v sérii s vyzařovacím odporem smyčkové antény na přijatelnou „nízkou“ svorkovou impedanci. Tyto poměry se opakují na každém celém násobku jednovlnné délky.

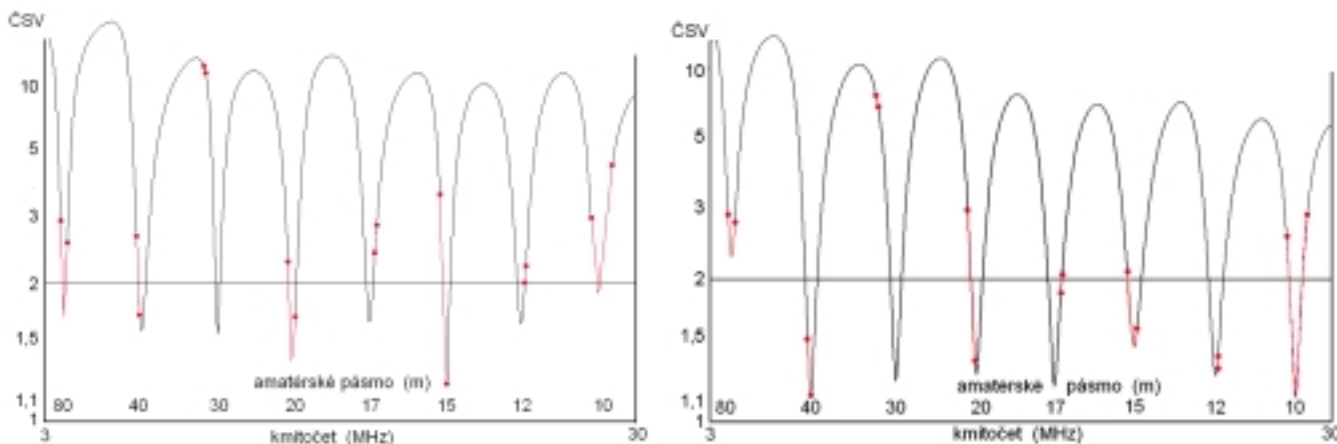
Půlvlnné smyčkové anténě ($C = 0,5 \lambda$) odpovídá čtvrtvlnné zkratované vedení, které transformuje nulovou impedanci zkratu v sérii s vyzařovacím odporem smyčkové antény na vysokou vstupní impedanci, kterou relativně malý vyzařovací odpor smyčky neovlivní. Tyto poměry se opakují na každém lichém násobku půlvlnné délky.

Příště zmíníme a znázorníme zářivé vlastnosti velkých smyček.

Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: Šroubovicové antény pro přenosné a mobilní radiostanice. KE 3/2002.
- [2] Macoun, J., OK1VR: Celovlnné smyčky – antény typu QUAD. ELECTUS 1999, s. 65 - 67.
- [3] Macoun, J., OK1VR: Zalomené půlvlnné antény (I) a (II). PE 5 a 6/2004.
- [4] Macoun, J., OK1VR: O vícepásmových anténách (4) a (5). OCF dipóly. PE 5 a 6/2007.
- [5] Macoun, J., OK1VR: O vícepásmových anténách (6) a (7). Anténa G5RV. PE 7 a 8/2007.

(Pokračování)



Obr. 4. Průběhy ČSV na svorkách dvou vodorovných smyčkových antén z Cu vodiče $\varnothing 2 \text{ mm}$ s obvodem 85,2 m, ve výšce 15 m nad zemí, v pásmu 3 až 30 MHz jsou si velmi podobné: a) DELTA, ČSV na 200 Ω , b) QUAD, ČSV na 300 Ω . Optimální přizpůsobení vykazuje čtvercový QUAD (obr. 4a), napájený uprostřed strany na impedanci 300 Ω , tzn. s transformátorem 1 : 6 při užití 50 Ω koaxiálního kabelu

