

Logaritmicko-periodické dipólové antény (1)

Jindra Macoun, OK1VR

Po uvolnění WARC pásem, která již nejsou v přesném harmonickém vztahu s původními radioamatérskými KV pásmy, se zvýšil zájem o širokopásmové KV antény, které by překrývaly původní i nově uvolněná pásma. Běžně užívané „vícepásmové“ antény, kterými jsme se na stránkách PE-AR postupně zabývali [1], dnešním požadavkům amatérského provozu na původních a nových pásmech nevyhovují. Vhodnou širokopásmovou anténou, splňující tyto požadavky, je logaritmicko-periodická dipólová anténa, poprvé zmíněná v roce 1957. Od té doby byla v odborné i radioamatérské literatuře a poté i na webových stránkách mnohokrát popisována. Na stránkách našeho časopisu se podrobnější popis LPD antén zatím neobjevil. Proto tak činíme nyní.

Krátce z historie

Nové poznatky o dálkovém šíření krátkých vln, odhalené ve 20. letech minulého století s významným přispěním radioamatérů následně vedly k rychlému rozvoji celosvětové radiokomunikace na krátkých vlnách.

Vysílací a přijímací střediska budovaná pro tento druh telekomunikace ve 30. až 40. letech byla nejdříve vybavována desítkami antén typu Marconi, Franklin a jejich směrovými modifikacemi.

Změny podmínek šíření elmag. vln během dne a roku urychlily vývoj širokopásmových krátkovlnných antén. Roku 1931 přišel Bruce [2] s kosočtverečnou (rhombickou) anténou, která usnadnila směrový příjem, resp. radiokomunikaci na optimálních kmitočtech za aktuálních podmínek šíření. Směrnost kosočtverečné antény není dostatečně „širokopásmová“, uplatní se jen v omezeném pásmu 1:2. Další nevýhodou jsou její neshodné vlastnosti při vysílání a příjmu za podmínek, kdy na různé části této rozměrné antény dopadají signály odražené ionosférou s různou amplitudou a fází, takže příjem někdy zcela mizí.

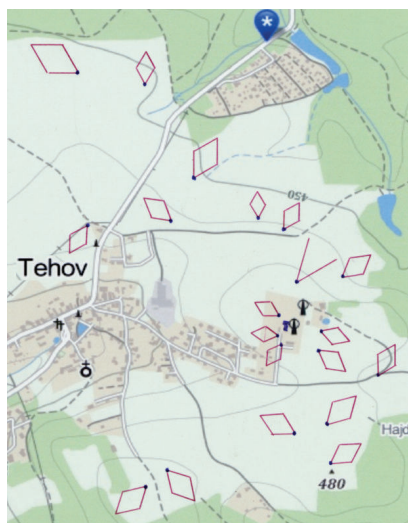
Snaha nahradit tyto územně náročné anténní systémy vedla k dalšímu vývoji širokopásmových antén.

V 50. letech byla na základě tzv. úhlového principu vyvinuta zcela nová kategorie širokopásmových antén s velkým rozsahem použití. Na KV pásmech se z této kategorie nejlépe uplatnila logaritmicko-periodická dipólová anténa [4, 5, 6, 7], která časem nahradila desítky územně náročných antén rhombických.

Stalo se tak např. i v přijímacím středisku Správy dálkových spojů na Tehově v Říčanech, kde bylo v 50. letech instalováno 20 kosočtverečných antén (obr. 1) pro příjem KV z různých směrů. Počátkem 80. let byly postupně demontovány, aby je nahradily dvě otočné LPD antény.

Ani tyto antény zde již nenalezneme, protože Tehov nyní slouží jako měřicí a kontrolní středisko Českého telekomunikačního úřadu a pro tento účel je vybaveno anténami na vyšší kmitočtová pásma, v souladu se současnými trendy v rozvoji telekomunikací.

Při této příležitosti stojí za zmínku, že před devadesátí léty byli radioamatéři jako púkopníci na úplném začátku éry krátkovlnného vysílání. V současné době jsou na jejím konci, když dále komunikují na KV pásmech, opouštěných většinou ostatními službami a komerčními institucemi, které přecházejí na spolehlivější telekomunikaci satelitní.



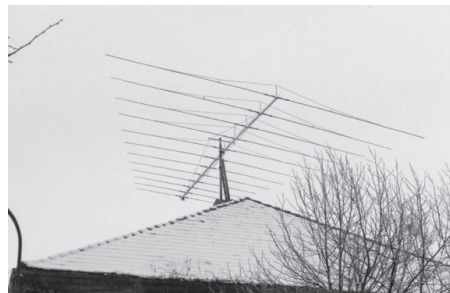
Obr. 1. Kolem přijímacího střediska Tehov bylo v 50. až 70. letech na území o rozloze 2 x 1,5 km instalováno 20 kosočtverečných (rhombických) antén. Každá anténa byla napájena individuálně vysokohomovým symetrickým vzdušným vedením do vzdálenosti desítek až stovek metrů. Vedení byla zavěšena mezi dřevěnými („telegrafními“) sloupy 6 m nad zemí. Maxima záření i příjmu ležela proti označeným vrcholům antén. V 80. letech byly antény postupně demontovány. Nahradily je dvě otočné LPD antény instalované u střediska. Jejich snímky se patrně nedochovaly

Pokud KV pásma neopustí také, budou jim širokopásmové LPD antény docela užitečné.

Charakteristické vlastnosti LPD antén

Logaritmicko-periodickou dipólovou anténu (LPD) charakterizují **konstantní zářivé i napájecí vlastnosti v širokém kmitočtovém pásmu**. Prakticky to znamená, že **optimálně uspořádaná anténa** tohoto typu má na každém kmitočtu zvoleného pásma **stejný tvar vyzářovacího diagramu** a že je na každém kmitočtu téhož pásma relativně **dobře přizpůsobena** k impedanci napájecího. Ve zvoleném pásmu má tedy i **konstantní zisk**. LPD anténa se obejde **bez symetrizačního a zpravidla i bez samostatného přizpůsobovacího členu (ATU)**.

LPD anténa může vykazovat tyto příznivé vlastnosti v teoreticky **neomezeném kmitočtovém rozsahu**.



Obr. 2. Tuto LPD anténu pro pásma 14 až 30 MHz si OK1GW vlastnoručně zhotovil v roce 1995. Stabilita dlouhých štíhlých prvků byla zabezpečena závěsnými lany, ukotvenými nad nosným ráhmem antény



Obr. 3. Mohutné LPD antény na KV najdeme v areálu MZV v Praze

Provozní pásmo LPD antény lze snadno měnit/rozšiřovat směrem k nižším i vyšším kmitočtům přidáváním dalších prvků za koncové prvky antény.

Příznivé vlastnosti logaritmicko-periodických **dipólových** antén pak ještě umocňuje jejich **snadný numerický výpočet**, nyní převedený do **jednoduchých výpočetních programů**.

Na nejnižších KV pásmech omezuje realizaci LPD antény fyzická délka nejdelšího půlvlnného prvku. Na VKV a UKV pásmech pak mechanické uspořádání nejkratších prvků spolu s přechodem na napájecí vedení.

Z rozměrových hledisek proto na radioamatérských **KV pásmech** převládají LPD antény na pásmo 14 až 50 MHz, popř. 7 až 50 MHz, tzn. pro kmitočtový rozsah 1:7, a to i svépomocně vyrobené (obr. 2).

Neplatí to v komerční produkci, kde se vyrábějí mohutné LPD antény i pro nejnižší KV pásma (obr. 3, 4, 5).

Na amatérských **VKV a UKV pásmech** se LPD antény prakticky nepoužívají, protože to z provozních hledisek není nezbytné ani výhodné. Výjimkou je dvoupásmová modifikace ve formě LPDV-antény pro pásma 145 a 435 MHz.

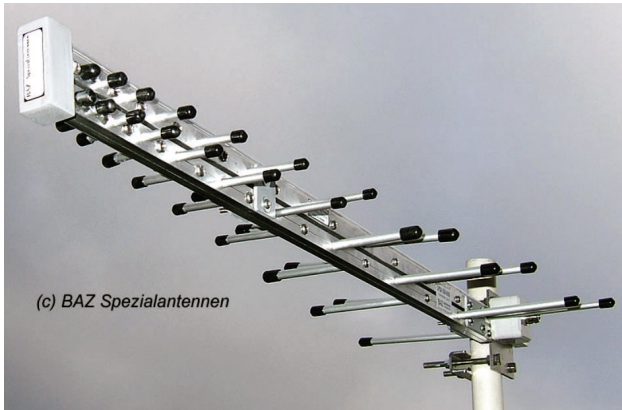
Do sortimentu spotřební elektroniky se rozšířily jako TV přijímací antény na IV. a V. pásmu, tzn. v poměrně širokém kmitočtovém rozsahu 470 až 862 MHz (K21 až K68).

LPD antény se dále uplatňují jako **vícépásmové ozařovače (primární zářiče)** parabolických reflektorů, umožňující provozovat jediný parabolický reflektor na několika amatérských UHF pásmech (1296, 2300, 5650 MHz).

LPD antény jsou dnes také nezbytnou a velmi nákladnou výbavou přístrojových souprav pro měření elektromagnetické slučitelnosti (kompatibility – EMC) a rušivého

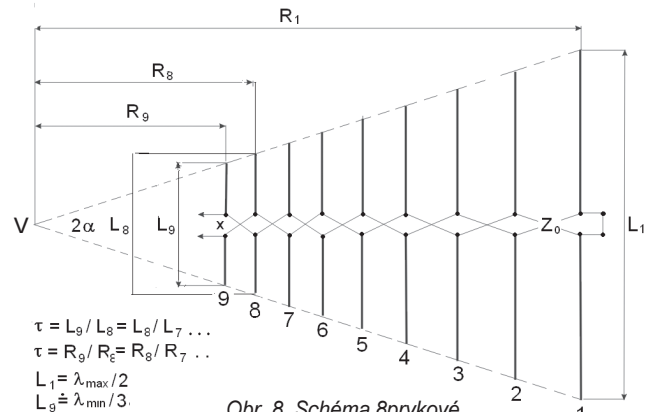


Obr. 4 a 5. LPD anténa fy Rohde&Schwarz, typ HL451 pro příjem od 2 do 30 MHz a pro vysílání od 5 do 30 MHz. „Zvlněním“ zkrácené drátové dipólové prvky, které podstatně zmenšují velikost antény, jsou izolovaně zavěšeny na nosné konstrukci. Zvlnění prvků je patrné na zvětšeném výřezu na obr. 5



(c) BAZ Spezialantennen

Obr. 6 Měrná LPD anténa fy BAZ pro pásmo 600 až 6000 MHz. Prvky jsou větknuty do symetrického vedení z čtvercových profilů



Obr. 8. Schéma 8prvkové LPD antény s hlavními rozměry

vyzařování (EMI) až do desítek GHz, a to i jako zmíněné ozařovače parabolických reflektorů.

Popis činnosti

LPD anténa je schematicky znázorněna na obr. 8. Jednotlivé prvky – symetrické dipóly, které se od místa napájení lineárně prodlužují, jsou ve svém středu napájeny symetrickým vedením o konstantní vlnové impedanci Z_0 . Pseudokmitočtově nezávislá činnost antény je možná jen tehdy, září-li anténa ve směru kratších prvků, k pomyslnému vrcholu V . Dosahuje se toho změnou fáze o 180° mezi sousedními dipóly. Proto se mezi nimi symetrické vedení kříží, nebo se k trubkovému vedení, používanému zároveň jako nosné ráhno LPD antén většinou na VKV pásmech, připojují pravé a levé poloviny dipólů (obr. 6).

Při obvyklém napájení souosým napájecím je tento napáječ protažen jednou trubkou vedení, ke které je zároveň připojeno stínění napáječe. Vnitřní vodič je pak spojen s druhou trubkou tohoto napájecího, zároveň symetrizačního vedení. Nesymetrie dipólů je v tomto uspořádání zanedbatelná, pokud je rozteč obou vodičů napájecího vedení malá proti délce dipólů.

Aby byla v celém pracovním pásmu antény dodržena zásada logaritmicko-periodického uspořádání, měla by být štíhlost prvků (poměr délky k průměru) i jejich napájení (rozměr x) v poměru k vlnové délce konstantní. To by vedlo ke kuželovým vodičům napájecího vedení a k prvkům s různým průměrem. Do jaké míry je žádoucí tyto zásady respektovat, záleží mj. na šířce pásma a na přípustné změně elektrických vlastností v tomto pásmu. Čím větší šíře pásma,

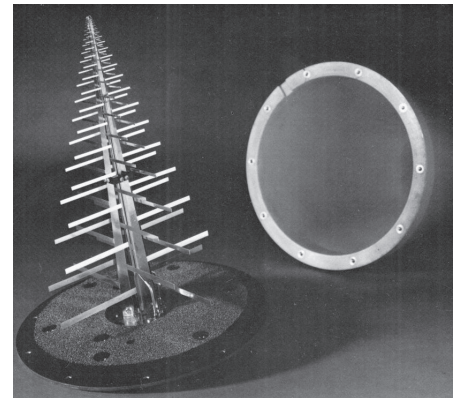
tím přesněji musí být log-per. princip dodržen. V praxi vyhovuje, zůstane-li zachována štíhlost prvků, zatímco napájecí vedení je z trubek o stálém průměru i rozteči.

Z napájecího bodu u nejkratšího prvku postupuje podél vedení elmag. vlna a budí jednotlivé dipóly. Hlavní část vlny energie je vyzařována těmi dipóly, jejichž rezonanční délka se blíží polovině aktuální vlnové délky a které tvoří tzv. „aktivní zónu“ antény. Delší dipóly ležící mimo aktivní zónu se na vyzařování nepodílejí, právě tak jako dipóly kratší. **Vyzařující částí celé antény je vlastně jen aktivní zóna. Její délka, právě tak jako její vzdálenost od bodu V** (obr. 8) **zůstávají vzhledem k vlnové délce konstantní.** Se stoupajícím kmitočtem se aktivní zóna přesunuje ke kratším prvkům, zároveň se její rozměr zmenšuje. Proto se také zisk antény se změnou kmitočtu nemění. Výjimkou je oblast nejnižších kmitočtů, kde se elektrické parametry (ČZP a ČSV) obvykle poněkud zhorší, v závislosti na délce nejdelšího prvku a na poloze zkratu symetrického napájecího vedení.

Účinným vyzařováním vlny energie aktivní zónou antény je značně utlumena vlna energie šířící se dále po symetrickém vedení, které je v místě nejdelšího prvku, popř. za ním (asi $0,1 \lambda_{\max}$) zkratováno. Proto se za aktivní zónou na elektrických vlastnostech prakticky nepodílí.

Výjimkou je však stav, kdy se jeho celková elektrická délka od místa napájení ke zkratu na konci vedení shoduje s polovinou vlnové délky (nebo s jejím celým násobkem), odpovídající některému kmitočtu provozního pásma antény.

Za těchto „půlvlnných“ podmínek se zkrat na konci vedení transformuje na vstup, a anténa ztrácí příznivé elektrické vlastnosti, i když jen ve velmi úzkém kmitočtovém pásmu.



Obr. 7. LPD anténa vyjmutá z krytu primárního ozařovače parabolické antény měřicí soupravy fy Rohde&Schwarz v pásmu 1 až 18 GHz

Tento nepříznivý efekt lze vyloučit kratší délkou symetrického napájecího vedení, tzn. kratší než půlvlnnou délkou antény na nejvyšším kmitočtu pracovního pásma, nebo takovou délkou antény, při které tento „půlvlnný efekt“ padne do neprovozované kmitočtové oblasti. Celková délka antény se obvykle shoduje s délkou ráhna, resp. s délkou napájecího vedení.

Při dané délce antény lze tento efekt odsunout do vhodnější kmitočtové oblasti jinou polohou zkratu na konci vedení.

Tento efekt není znám mnoha autorům konstrukčních, ale i odborných článků o LPD anténách.

Projeví se totiž jen ve velmi úzké části pásma, kterou lze při kontrolním měření snadno „přeskočit“.

(Pozn. red.: Seznam literatury bude uveden v příštím čísle.)

(Pokračování)