

Logaritmicko-periodické dipólové antény (2)

Jindra Macoun, OK1VR

V pokračující části článku se po úvodní rekapitulaci popisuje návrh LPD antén tak, aby si čtenář mohl sám navrhnout logaritmicko-periodickou anténu pro svoje provozní podmínky a možnosti, nebo jen pro uspokojení, že této problematice porozuměl, což ocení i při návrhu LPD antén počítačovým programem. Několik praktických příkladů v dalším pokračování pomůže čtenářům, kteří tuto část pro zdánlivou náročnost „přeskočí“.

Nejprve stručně zopakujeme základní informace:

Z různých typů širokopásmových antén mají velký význam logaritmicko-periodické antény dipólové (LPD), jejichž elektrické vlastnosti jsou principiálně kmitočtové nezávislé, a to v neomezeném pásmu. Na všech kmitočtech zvoleného pásma tak mohou mít shodný tvar diagramů záření, tedy i shodný zisk. Jejich napájecí vlastnosti – impedanci lze nastavit na libovolnou hodnotu, aniž se tím změní jejich vlastnosti směrové. Šířku pásma dané antény lze měnit přidáváním nebo ubíráním prvků beze změny délky a roztečí již nainstalovaných prvků.

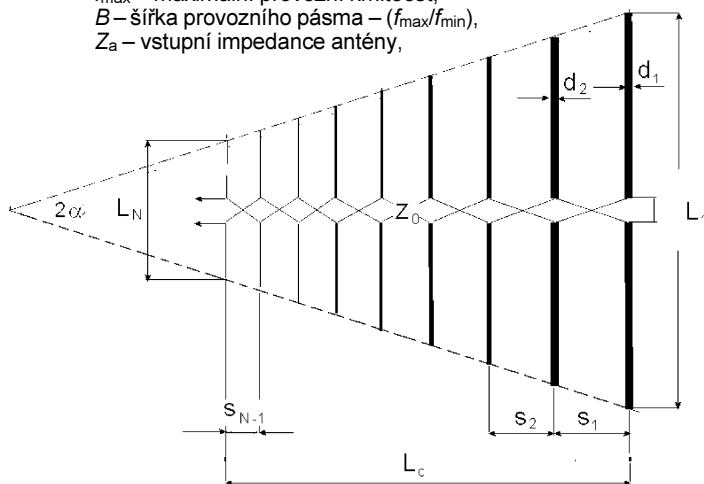
Anténu lze navrhnout početně, graficky nebo pomocí jednoduchých počítačových programů pro simulaci LPD antén. Mezi vypočtenými a následně změřenými hodnotami elektrických parametrů je dobrá shoda.

Efektivně se LPD antény využívají na radioamatérských KV pásmech po uvolnění nových WARC pásem, která již nejsou v harmonickém vztahu s původními pásmy harmonickými. Platí to zejména o anténách pro rozsah 14 až 30 MHz, překrývajících nyní pět (DX) pásem, s relativně malými odstupy (poměry) počátečních kmitočtů – (1,29 – 1,16 – 1,18 – 1,12).

Návrh LPD antén

Při návrhu antény se vychází z **provozních požadavků a realizačních možností**, specifikovaných těmito údaji:

- f_{\min} – minimální provozní kmitočet,
- f_{\max} – maximální provozní kmitočet,
- B – šířka provozního pásma – (f_{\max}/f_{\min}) ,
- Z_a – vstupní impedance antény,



Obr. 1. Schéma LPD antény s označením rozměrů. Neshodný průměr dipólů $d_1, d_2 \dots d_N$ naznačuje, že by se neměla měnit jejich vlnová impedance, resp. poměr L/d

d_{\max} – průměr nejdelších prvků,
 d_{\min} – průměr nejkratších prvků,
 d_s – střední průměr prvků, popř. shodný průměr všech prvků (zpravidla na VKV pásmech),
 L_c – celková délka antény. Prakticky se shoduje s celkovou roztečí mezi nejkratším a nejdelším prvkem, popř. s délkou nosného ráhna. (Společně ovlivňují poloměr otáčení antény.)

Podle těchto údajů se zvolí dále uvedené charakteristické **návrhové parametry**, nezbytné pro numerické, grafické nebo počítačové řešení hlavních rozměrů tak, aby anténa vykazovala ve zvoleném pásmu přijatelné elektrické vlastnosti. Výpočet i návrh konečného rozměrového uspořádání LPD antény může mít několik postupných variant, většinou s různým počtem prvků. Zpravidla se usiluje o minimální počet prvků na zvolené délce antény.

Návrhové parametry:

τ (**tau**) – periodičita, je hlavním charakteristickým parametrem LPD antén. **Periodičita je poměrem sousedních rozměrů stejného druhu**, tedy poměrem délek dvou sousedních prvků – dipólů (popř. i poměrem jejich neshodných průměrů), právě tak jako poměrem dvou sousedních roztečí mezi dipóly apod. (viz obr. 1 s označením všech rozměrů). Délky sousedních prvků i jejich roztečí tak tvoří geometrické řady čísel se stejným poměrem τ .

σ – (**sigma**) činitel roztečí, násobený dvojnásobnou délkou přilehlého delšího prvku určuje rozteč mezi prvky.

Při výpočtu délek i roztečí se vychází z délky nejdelšího (půlvlnného) prvku na konci log.-per. struktury.

N – počet prvků (dipólů).

2α – vrcholový úhel přímek, spojujících vnější konce anténních prvků. Ve výpočtech se uvažuje polovina, tedy α .

B_s – šířka pásma celé logaritmicko-periodické struktury. Je větší než šířka provozního pásma B , aby i na krajních kmitočtech požadovaného provozního pásma měla anténa příznivé elektrické vlastnosti.

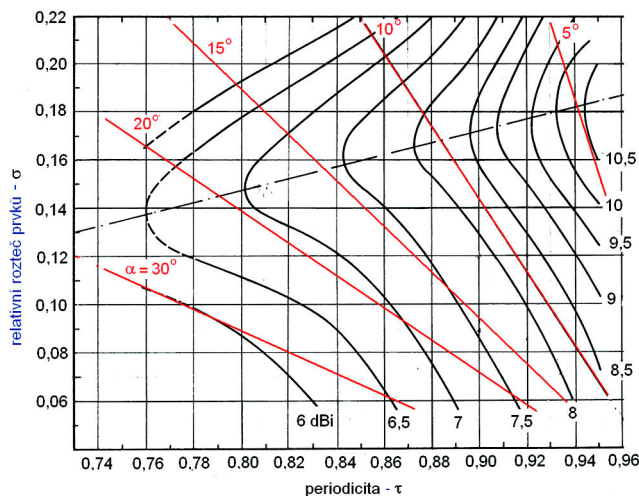
B_{ar} – šířka pásma tzv. **aktivní zóny** (active region), která v podstatě určuje elektrické vlastnosti dané LPD antény. Tvoří ji jeden až několik sousedních prvků, jejichž délky se na kmitočtech či amatérských pásmech „uvnitř“ provozního pásma LPD antény shodují nebo přibližují odpovídajícím (půlvlnným) délkám rezonančním. Aktivní zóna je ohraničena prvky s asi 10dB poklesem vř proudů proti prvku s proudem maximálním. Vlastnosti aktivních zón ovlivňují návrhové parametry τ, σ spolu s α . Čím větší τ , tím má aktivní zóna (ale i celá anténa) větší počet prvků, a proto i větší zisk.

Mezi B, B_s a B_{ar} proto platí jednoduchý vztah $B_s = B \cdot B_{ar}$, popř. $B = B_s/B_{ar}$.

Přehlednou **výchozí informaci** pro návrh LPD antény je vzájemný vztah mezi parametry τ, σ, α a ziskem G_i antény na obr. 2. Při určitých kombinacích návrhových parametrů τ a σ je zisk log.-per. struktury maximální. Oblast maximálního zisku je proložena čárkovanou přímkou. Zisk obvykle není hlavním požadavkem při návrhu **širokopásmových LPD antén**, protože se tím antény značně prodlužují, jak je zřejmé z dalších nomogramů.

Návrh antény usnadňují spojnicové nomogramy na obr. 3, 4 a 5 sestrojené podle vzorců, které uvádíme u příslušných nomogramů [7]. Každý z nomogramů je grafickým zobrazením funkce tří nezávisle proměnných, umožňujícím přímo odečíst odpovídající funkční hodnotu.

Po předběžném výběru parametrů τ, σ, α z křivek na obr. 2, nebo přesněji ze



Obr. 2. Vypočtené křivky konstantního zisku v dBi jsou funkcí τ a σ . Platí pro log.-per. struktury se „štíhlostí“ dipólů $L/d = 125$ a impedancí symetrického vedení $Z_0 = 100 \Omega$. Jiné, „praktické“ hodnoty štíhlosti a impedancí ovlivní znázorněné křivky a z nich odvozené parametry jen bezvýznamně

spojnicového nomogramu na obr. 3, pak z obr. 4 odečteme odpovídající délku antény L/λ_{\max} pro šířku pásma B_s . Na tuto délku se pak má umístit N prvků podle spojnicového nomogramu na obr. 5.

Protože první volba obvykle překračuje realizační možnosti nepřijatelnou délkou antény i značným počtem prvků, je nutné tento postup (několikrát) opakovat.

Pomocí konečných parametrů τ a σ pak už můžeme počítat délky prvků L_1 až L_N a rozteči s_1 až s_{N-1} :

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,5 \lambda_{\max} & s_1 &= \sigma 2 L_1 \\ L_2 &= \tau L_1 & s_2 &= \sigma 2 L_2 \\ L_3 &= \tau L_2 & s_3 &= \sigma 2 L_3 \\ &\text{až} & &\text{až} \\ L_N &= \tau L_{N-1} & s_{N-1} &= \sigma 2 L_{N-1} \end{aligned}$$

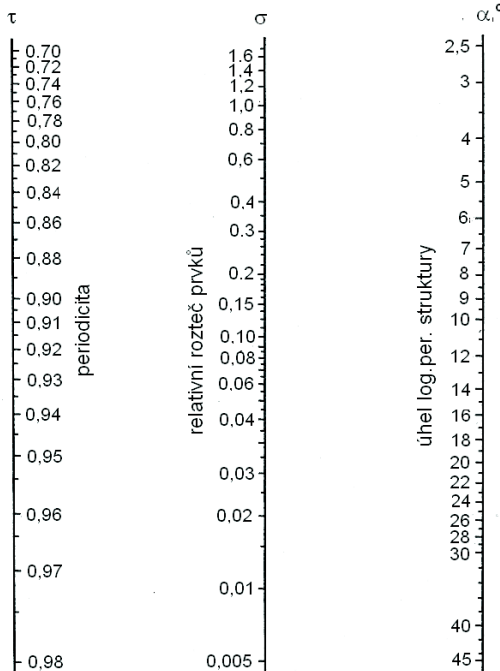
Součet všech roztečí s_1 až s_{N-1} by se měl shodovat s požadovanou délkou antény, resp. s délkou, odečtenou z nomogramu na obr. 4. Omezujícím hlediskem při návrhu antén obvykle bývá skladová, resp. výrobní délka profilového materiálu na nosná ráhna, resp. na symetrická nosná vedení.

Má-li se např. použít „jednodílného“ ráhna na symetrické nosné vedení, pak mohou obvyklé délky 5 až 6 m nepříznivě ovlivnit vlastnosti antény v pásmu 28 MHz, pokud se tam uplatní tzv. „půlvlnný efekt“ zkratovaného vedení, který jsme zmínili v závěru 1. části.

Proč je anténa logaritmicko-periodická?

Při změně kmitočtu o τ^N ($N = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ atd.) se elektrické vlastnosti LPD antény nezmění. Elektrické vlastnosti se tak mění periodicky s logaritmem kmitočtu (proto název logaritmicko-periodické antény).

Vhodnou volbou parametrů α a τ lze udržet změnu elektrických vlastností během periody malou, takže i při periodickém opakování změn elektrických vlastností v celém pásmu je možno považovat elektrické vlastnosti antény za neměnné.



Obr. 3. Nomogram funkce $\sigma = 0,25 (1 - \tau) \cotg \alpha$

Délka jedné periody je omezena kmitočty f a f_t . Při změně kmitočtu o τ se tak aktivní zóna, přesněji její střed, posune právě o jeden prvek. Čím více prvků (tedy i větší τ na zvolené pásmo) anténa má, tím více prvků „obsahuje“ i aktivní zóna, takže má i větší zisk.

Je tu jistá analogie s účinky direktoru a reflektoru u Yagiho antény. Čím menší je jejich vzájemné „rozladění“, tzn. čím méně se liší jejich rezonanční kmitočty, tím má anténa větší zisk. Tomu malému rozladění odpovídá u LPD antény větší τ .

Bude-li aktivní zóna antény zahrnovat jen jeden prvek, bude se relativní šířka pásma B shodovat s poměrem délek nejdelšího a nejkratšího prvku, tzn. s šířkou celé anténní struktury B_s :

$$B = L_{\max}/L_{\min} = \tau^{1-N}$$

V praxi však má aktivní zóna LPD antény určitou šířku. Čím větší je tato šířka, tím menší je relativní šířka pásma B při daném B_s .

Výše uvedený postup návrhu LPD antén určil jejich rozměry z hlediska směrových vlastností.

Napájecí vlastnosti (impedanci a přizpůsobení) ovlivňuje kromě již zvolených parametrů τ a σ ještě vlnová impedance dipólových prvků spolu s charakteristikou impedancí symetrického vedení. Lze je navrhnout/vypočítat dodatečně bez ohledu a vlivu na již nastavené vlastnosti směrové. Bude jim věnována další část článku.

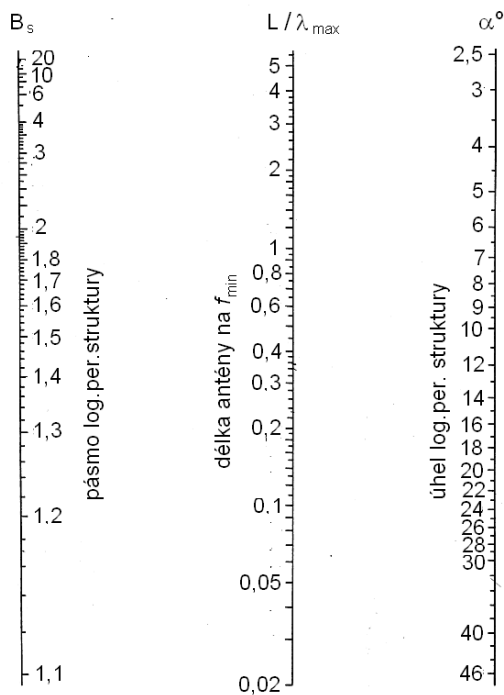
Literatura

- [1] Macoun, J., OK1VR: O vícepásmových anténách. PE-AR 1/2007, s. 31 – 32 + další články na toto téma v PE 2007.
- [2] Bruce, E.: Development in Shortwave Directive Antennas. Proc. IRE, sv. 19, srpen 1931, s. 1406 – 1483.
- [3] Foster, D.: Radiation from Rhombic Antennas. Proc. IRE., sv. 25, říjen 1937, s. 1327.
- [4] Rumsay, V., H.: Frequency-Independent Antennas. IRE National Convention Record, 1957, s. 114 – 118.
- [5] DuHamel, R., H.; Isbell, E.: Broad-band Log-Periodic Structures. IRE Nat. Conv., 1957.
- [6] DuHamel, R., H.; Ore, F., R.; U. S. Patent No. 3.079.602.
- [7] Carrel, R., L.: The Design of Log-Periodic Dipole Antennas. IRE Nat. Convention Record, 1961.
- [8] Krischke, A.: Rothammels Antennenbuch. DARC Verlag, 12. vydání, s. 635 – 651.

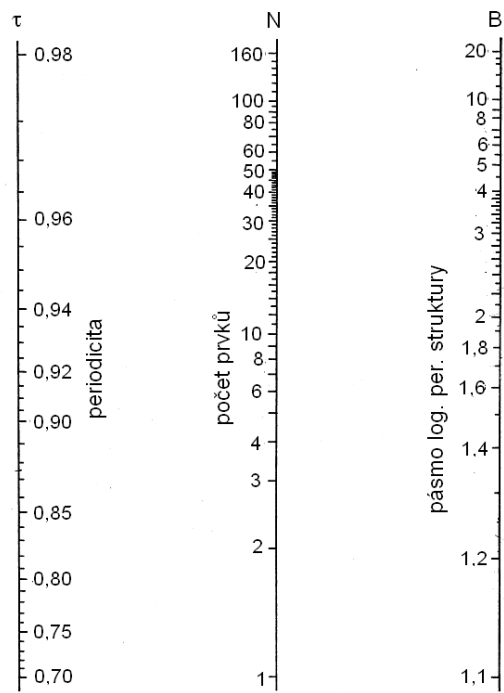
Uvedená literatura se vztahuje i na odkazy v 1. části (v PE-AR 2/2013, s. 31 – 32).

Zimní anténní idyla na Dražanské vrchovině

V době psaní a přípravy tohoto článku o LPD anténách do tisku takto obalila námraza antény Lojzovi Zemánkovi, OK2PX, na Dražanské vrchovině v Benešově u Boskovic, lokátor JN89JM, 700 m n. m. Tento tribander vydržel, praskla pouze jediná LW



Obr. 4. Nomogram funkce $L/\lambda_{\max} = 0,25 (1 - 1/B_s) \cotg \alpha$



Obr. 5. Nomogram funkce $N = 1 + \log B_s / \log (1/\tau)$