

# Logaritmicko-periodické antény pro dvě pásma

Jindra Macoun, OK1VR

Článek se zabývá dvoupásmovými logaritmicko-periodickými dipólovými (LPD) anténami. Navazuje na informace v PE-AR 2, 3, 4, 5 a 8/2013. Úvodem se zmiňují dva způsoby návrhu 6prvkové antény pro 145 MHz a pak i vlastnosti logaritmicko-periodické dipólové antény s přímými (LPD) i zalomenými (LPDV) prvky na harmonická pásma 145 a 435 MHz, odvozené z původní LPD antény pro pásmo 145 MHz. Nejde o konstrukční popis, uvedené informace mohou realizaci těchto antén usnadnit.

## Krátká rekapitulace

Logaritmicko-periodické antény (LPA) jsou principiálně antény (velmi) širokopásmové.

Každá logaritmicko-periodická anténa vykazuje v celém provozním pásmu, pro které je navržena, menší či větší, ale v podstatě konstantní směrové účinky (zisk, úhly záření), závislé na počtu a délce prvků, na jejich rozteči a tím i na délce antény. Tyto rozměrové parametry jsou ovlivněny tzv. periodicitou  $\tau$ , definovanou jako poměr dvou sousedních rozměrů téhož druhu.

Provozní pásmo LP antény je teoreticky neomezené. Prakticky je omezeno jen konstrukčními hledisky a provozními požadavky. Lze jej snadno měnit/rozšiřovat k nižším i vyšším kmitočtům přidáváním dalších prvků za prvky koncové.

Obvykle jde o rovinně uspořádaní přímých, postupně zkracovaných a protifázově napájených půlplných dipólových prvků, upevněných na společném nosném ráhnu, tedy o LP dipólovou anténu – LPDA.

V radioamatérské praxi je plynulě překrytí kmitočtového rozsahu, zahrnujícího několik relativně úzkých radioamatérských pásem, jedinou LPD anténou obtížné a není ani účelné. LPD antén se tam z praktických rozměrových důvodů využívá zpravidla jen na nejvyšších pásmech (14 až 28 MHz).

Návrh/výpočet LPD antén stále umožňují a usnadňují spojnicové nomogramy (PE-AR 3 a 4/2013) podle L. R. Carrela z roku 1961, i když je dnes snadnější využít odvozeného a postupně aktualizovaného programu LPCAD (PE-AR 5/2013) od Rogera Coxe (WB0DGF) z roku 1997.

## LPD a LPDV antény

Přímé dipólové prvky LPD antén jsou přibližně půlplné – vyzarují v tzv.  $\lambda/2$  módu. Poměrně příznivé elektrické vlastnosti mají i LPD antény s prvky o délce  $3/2 \lambda$  na trojnásobném kmitočtu. V rovině prvků, tzn. v rovině E však mají trojlaločný diagram záření, s přibližně stejným ziskem na každém z těchto tří laloků, orientovaných přibližně do směrů  $+43^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $-43^\circ$  (viz obr. 4 b). Nicméně i s tímto diagramem lze LPD anténu na trojnásobném kmitočtu prakticky provozovat.

$D_z$	$L_1$	$D_1$	$L_2$	$D_2$	$L_3$	$D_3$	$L_4$	$D_4$	$L_5$	$D_5$	$L_6$	$D_N$
1030		1000			970		940		912		884	
1097		1057			1023		990		958		927	
30	160	155	151	146	141	140						20

Jednosměrný („jednolaločný“) diagram na trojnásobném kmitočtu vznikne zalomením původně přímých prvků do tvaru V, s úhlem sevrění  $110^\circ$  až  $120^\circ$ . Na základním kmitočtu směrovost sice nepatrně klesne, ale na trojnásobném kmitočtu se zvýší (viz obr. 5 b).

Této možnosti lze využít k realizaci směrové LPDV antény na dvě harmonická pásma s poměrem kmitočtů 1:3, např. LPDV antény pro pásma 145 a 435 MHz. Popis takové antény, prvoplánově určené pro převáděcový provoz, byl před časem již publikován (AR A6/1991).

Vyhovujeme požadavkům na jeho aktualizaci, s možností využít pro staronový návrh program LPCAD a pro kontrolu a optimalizaci elektrických parametrů simulační program EZNEC, když zde dříve tyto možnosti ještě běžné nebyly.

Využívalo se sice grafických postupů pomocí zmíněných spojnicových nomogramů, ale elektrické vlastnosti se kontrolovaly jen měřeními s přesností, omezenou použitými přístroji a vnějšími podmínkami měření.

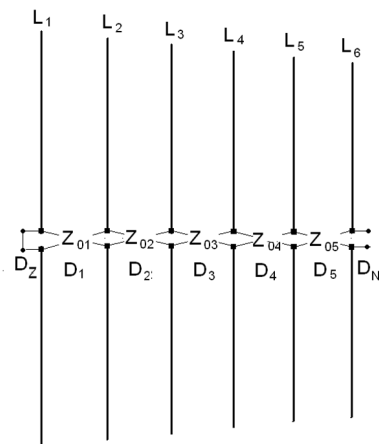
## Návrh LPD antény

Při návrhu LPD antény s přímými prvky v  $\lambda/2$  módu pomocí programu LPCAD se vychází z krajních kmitočtů provozního pásma antény –  $f_{\min}$  a  $f_{\max}$ .

Rozšíříme-li původní pásmo 145 MHz o 4 MHz na každé straně, abychom na trojnásobném kmitočtu překryli nejen převáděcové kmitočty v pásmu 435 MHz, ale i kmitočty pásma PMR, pak by pro LPCAD měly být výchozí informace kmitočty  $f_{\min} = 140$  MHz a  $f_{\max} = 150$  MHz. Anténa by pak měla vyhovovat i v pásmu 420 až 450 MHz.

Po zadání kmitočtů nám LPCAD sděluje, že „narrowband designs will have less gains and higher VSWR than shown! (úzkopásmové návrhy budou mít menší zisky a vyšší VSWR než znázorněné, tzn. než vypočtené). LPCAD je zřejmě „nastaven“ na širokopásmovější požadavky. Není totiž obvyklé, aby se LPD anté-

Tab. 1.



Obr. 1. Schéma 6prvkové LPD antény v poměrném měřítku s označenými rozměry

nou řešily antény pro tak úzké pásmo. Většinou se v těchto případech používají antény typu Yagi.

● Protože chceme posoudit již navrženou anténu, zvolíme Y (Yes) po dotazu „Do you wish to evaluate a known design?“ (Požadujete výpočet známého návrhu?)

● Podle původní antény pak k výchozí informaci  $f_{\min} = 140$  MHz a  $f_{\max} = 150$  MHz a průměru prvků  $d = 6$  mm zadáme do LPCAD ještě tyto návrhové parametry:

Počet prvků  $N = 6$ , délku antény  $L_c = 0,75$  m a největší rozteč prvků  $D_1 = 0,16$  m ( $L_c$  je součtem všech roztečí mezi nejdelším a nejkratším prvkem).

Zde je třeba poznamenat, že původně byla anténa navržena jen pro vlastní amatérská pásma. LPCAD však takové zadání „nevládá“ a při periodicitě  $\tau > 0,98$  již generuje nereálné výsledky.

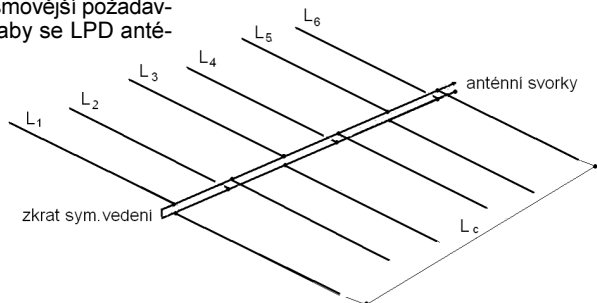
● Pod příkazy D v hlavním menu (calculate design parameters) získáme výpis vypočtených roztečí ( $D_{1-5}$ ) a délek prvků ( $L_{1-6}$ ) postačující pro simulaci modelu v EZNECu, který by měl vygenerovat elektrické parametry antény.

● Nově vypočtené rozměry podle LPCAD jsou spolu s rozměry původní antény (AR A6/1991) podle obr. 1 a 2 uvedeny v tab. 1.

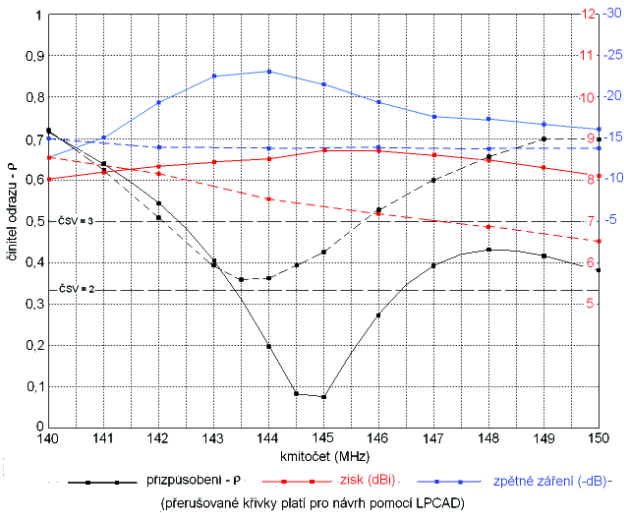
Označení hlavních rozměrů se tam shoduje i s rozměry v LPCAD ( $L_{1-6}$  – délky prvků,  $D_{1-5}$  – rozteče prvků).

$D_z$  je pak vzdálenost zkratu na symetrickém vedení za nejdelším prvkem  $L_1$ ,  $D_N$  je vzdálenost napájecích svorek před  $L_6$ , které se do LPCAD nezadávají, ale pro simulaci skutečného uspořádání antény se musí zvolit. V daném případě se použilo vzdáleností z původní antény.

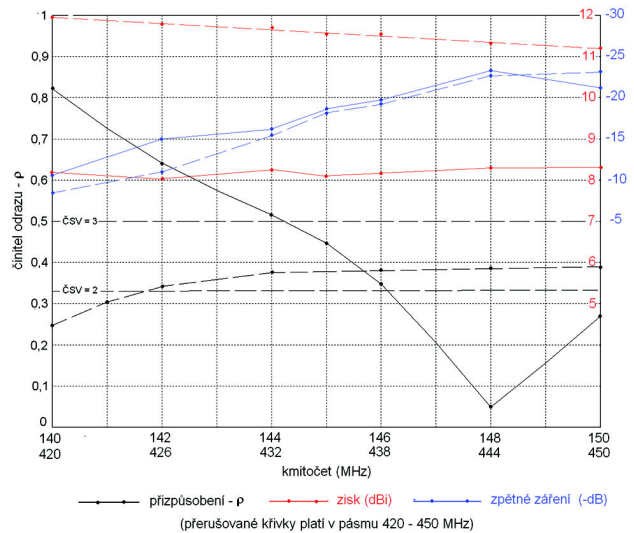
Program LPCAD navíc usnadní následnou (poměrně pracnou) „klasickou“ simulaci modelu antény v EZNECu (popř. v jiných formátech), když se v hlavním



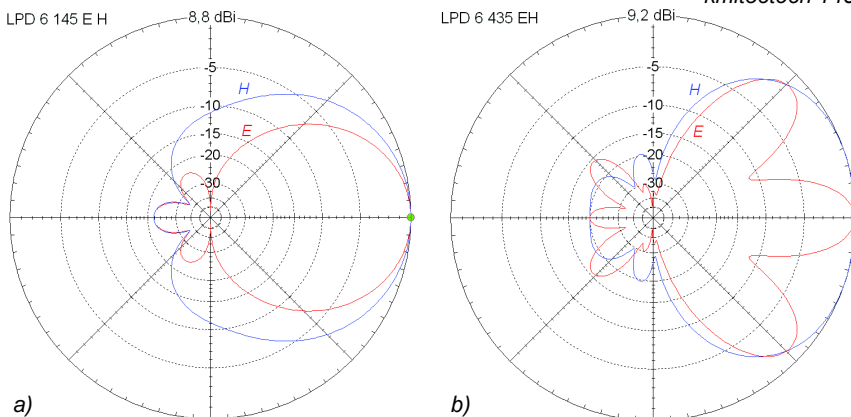
Obr. 2. Známková ilustrace střídavé (protifázové) napájení dipólových prvků, upevněných k symetrickému nosnému vedení z otevřených (U) nebo uzavřených čtvercových Al profilů 15 x 15 mm (u funkčního vzorku s mezerou 10 až 5 mm)



Obr. 3. Elektrické parametry 6prvkových LPD antén v pásmu 140 – 150 MHz podle obou návrhů



Obr. 6. Elektrické parametry 6prvkové LPDV antény na kmitočtech 145 a 435 MHz. Dipólové prvky svírají úhel 110°



Obr. 4 a, b. Diagramy záření 6prvkové LPD antény na kmitočtech 145 a 435 MHz v rovině prvků (E) a v rovině kolmé na prvky (H) v podmínkách volného prostoru. Dipólové prvky jsou zde přímé

umožňuje. Velmi dobrého přizpůsobení původní antény (průběh  $\rho$  na obr. 3) se dosáhlo stupňovitým snižováním  $Z_0$  úseků symetrického (nosného) vedení z hodnoty 100 ( $Z_{01}$ ), 90 ( $Z_{02}$ ), 80 ( $Z_{03}$ ), 70 ( $Z_{04}$ ) až na 60 ( $Z_{05}$ )  $\Omega$  mezi nejkratšími prvky.

Praktickou realizací stupňovité změny  $Z_0$  je plynulá změna roztečí mezi oběma profilovými prvky ráhna antény. A to i u antény podle LPCAD, kde se přizpůsobení také přiblížilo optimu s nejnižší vlnovou impedancí napájecího vedení 25  $\Omega$  u nejkratšího prvku. (Obr. 3 však tuto optimalizaci ještě neznázorňuje.)

## LPDV anténa na 145 a 435 MHz

menu pod příkazem C zvolí \* NEC format pro použití v NEC-2, EZNEC, 4NEC2 nebo NEC-4 kódu. V odpovídajícím formátu/programu v PC se pak elektrické vlastnosti vypočtou a analyzují. Simulovaný model je při tomto postupu zároveň možné poopravit ve shodě se skutečným uspořádáním (např. vzdálenost napájecích svorek –  $D_N$ , zkrat –  $D_Z$  apod.) a pak podle výsledků upravit i další rozměry a tím i elektrické vlastnosti.

Zisk (Gi), zpětné záření (ČZ) a přizpůsobení (vyjádřené činitelem odrazu –  $\rho_{50\Omega}$ ) v pásmu 140 až 150 MHz vypočtené v EZNECu pro obě antény podle rozměrů v tab. 1 jsou na obr. 3.

Anténa navržená pomocí LPCAD má poněkud příznivější vlastnosti na nižších kmitočtech, což ostatně odpovídá delším kmitočtům, které LPCAD podle zadaných kmitočtů (140 a 150 MHz) vygeneroval. Podle těchto výsledků je pak možné rozměry dále optimalizovat, resp. přiblížit vlastnostem původní antény, která byla navržena a optimalizována opakovaným použitím spojnicových nomogramů (PE-AR 3 a 4/2013) pro poněkud užší pásmo.

Modelování navíc potvrdilo zřetelný vliv průběhu vlnové impedance  $Z_0$  symetrického napájecího vedení LP antény na přizpůsobení antény, který program LPCAD neuvažuje, ale simulace modelu

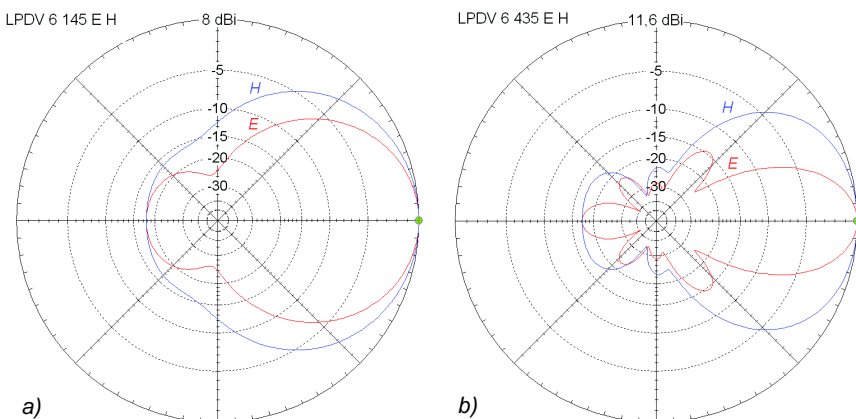
Pouhým zalomením dipólových prvků původní LPD antény do tvaru V se zlepší její směrové vlastnosti v pásmu 435 MHz. Trojlaločný diagram v rovině prvků (rovinu E) se změnil v typický jednaločný spolu s odpovídajícím zvýšením zisku přibližně o 3 dB, zatímco na základním kmitočtu 145 MHz se zisk prakticky nezmění. Je to zřejmé z obr. 4, 5 a 6 a jejich vzájemného porovnání.

Případné korekce některých parametrů (přizpůsobení a zpětné záření) mohou být následně provedeny některými (již zmíněnými) rozměrovými úpravami, snadno kontrolovatelnými simulací v použitém anténním programu.

Je to např. vlnová impedance  $Z_0$  symetrického vedení nebo poloha zkratu na konci vedení, která může ovlivnit jak zpětné záření, tak i přizpůsobení. Jistý vliv (spíše příznivý) má i orientace a vzdálenost anténního stožáru, upevněného za zkratem, nebo v místě zkratu symetrického napájecího vedení, shoduje-li se s polarizací anténních prvků. Neshodná polarizace vlastnosti antény neovlivní.

Pro optimalizaci přizpůsobení je pak užitečné znázornit impedanci na svorkách antény nejen obvyklým způsobem – průběhem ČSV (SWR sweep), ale i impedanční křivkou na Smithově digramu, což simulační programy zpravidla umožňují. Kompenzaci na svorkách se pak může impedance antény upravit.

Výsledky simulací potvrzují nekritičnost rozměrů, resp. „širokopásmovost“ i u relativně úzkopásmových LPD antén.



Obr. 5 a, b. Diagramy záření 6prvkové LPDV antény na 145 a 435 MHz v rovině prvků (E) a v rovině kolmé na prvky (H) v podmínkách volného prostoru. Dipólové prvky svírají úhel 110°