

# Logaritmicko-periodické dipólové V-antény

Jindra Macoun, OK1VR

V návaznosti na články o logaritmicko-periodických dipólových (LPD) anténách v PE-AR 2, 3, 4, 5/2013 pokračujeme informacemi o jejich tvarové modifikaci s dipólovými prvky zalomenými do tvaru V. Touto úpravou lze doplnit základní kmitočtové pásmo LPD antény jeho lichým násobkem s větším ziskem antény [1]. Principiálně se LPDV anténa neliší od původní antény s rovnými prvky.

## LPD anténa v $1/2 \lambda$ módu

Z místa napájení u nejkratšího prvku LPD antény se elmag. vlna šíří podél napájecího fázovacího vedení a v protifázi (střídavě) napájí postupně prodlužované zářiče – **půlvlnné dipólové prvky**. Poměr délek sousedních prvků a jejich roztečí, tzv. periodičita  $\tau$  (tau) je hlavním návrhovým parametrem LPD antény. Spolu s relativní roztečí  $\sigma$  (sigma) definují elektrické parametry LPD antény.

Převážná část vlny energie je vyzařována těmi prvky, jejichž rezonanční délka se přibližuje nebo shoduje s polovinou vlnové délky. Tyto prvky tvoří tzv. **aktivní zónu antény**.

Aktivní zóna je omezena prvky protékajícími proudem přibližně o 6 až 10 dB menším, než je proud maximální, protékající prvkem v rezonanci, uprostřed aktivní zóny. Prvky kratší nebo delší, které leží mimo tuto zónu, se na vyzařování prakticky nepodílejí. Se zvyšováním kmitočtu se aktivní zóna posouvá směrem ke kratším prvkům. Její relativní délka se tedy nemění. **Proto má LPD anténa prakticky stejné směrové vlastnosti, resp. zisk v celém kmitočtovém pásmu, pro které je navržena.** Šířka pásma lze snadno měnit přidáváním dalších prvků, beze změn délek a roztečí stávajících prvků. Okraje provozního pásma antény pak odpovídají kmitočtům, kdy se aktivní

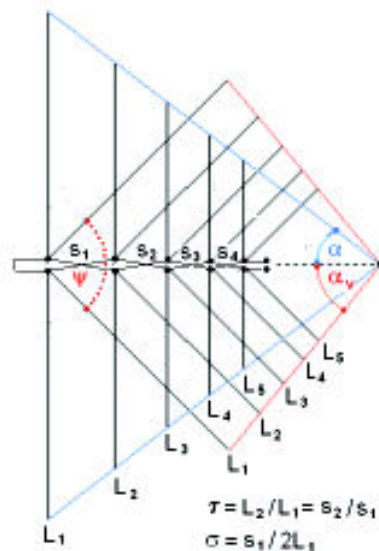
zóna posune ke krajním dipólovým prvkům.

**Provozní pásmo LPD antény v  $1/2 \lambda$  módu je teoreticky neomezené.** Prakticky je omezeno jen konstrukčními hledisky a realizačními možnostmi. Velmi širokopásmové LPD antény ( $f_{min}/f_{max} \geq 1/10$ ) se pro své konstantní směrové vlastnosti uplatňují zejména jako nezbytné příslušenství přístrojových sestav pro měření elektromagnetické slučitelnosti (EMC) a rušivého záření (EMI) až do desítek GHz.

## LPD anténa v $3/2 \lambda$ módu

Zvýšením kmitočtu nad provozní pásmo LPD antény (v  $1/2 \lambda$  módu) se mohou její nejkratší prvky dostat do další rezonance. Když se kmitočet zvýší  $2x$ ,  $3x$  ..., stanou se zářiče postupně celovlnnými ( $2x \cdot 1/2 \lambda$ ), jedenapůlvlnnými ( $3x \cdot 1/2 \lambda$ ), dvouvlnnými ( $4x \cdot 1/2 \lambda$ ) atd. V těchto případech však už LPD anténa nebude vyzařovat jednosměrně. Její vyzařovací diagram bude mít několik laloků. Bude členitý, protože členitě, vícelaločné bude na těchto násobných kmitočtech i záření dipólových prvků.

Jednosměrného záření lze na harmonických kmitočtech (pásmech) znovu dosáhnout souměrným zalomením dipólových zářičů do tvaru V (obr. 1).



Obr. 1. Rozdíl mezi běžnou LPD anténou a LPDV anténou se zalomenými prvky. Délky prvků ( $L$ ) ani jejich rozteče ( $s$ ) se zalomením prvků nemění. Zvětší se pouze středový úhel  $\alpha$  na  $\alpha_v$  podle velikosti úhlu  $\psi$  (přibližně  $110^\circ$ )

Takto upravená LPDV anténa bude mít opět jednosměrný, zároveň také „štíhlejší“ vyzařovací diagram, závislý na délce zářičů ( $L$ ) a úhlu ( $\psi$ ) svíraném oběma polovinami zářičů. Bude tedy mít větší směrovost a tím i zisk.

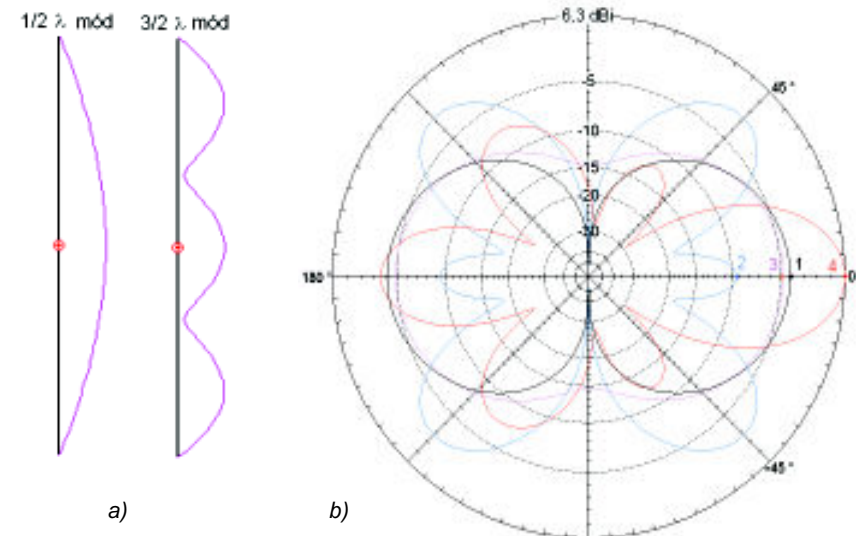
K realizaci LPDV antény na harmonických kmitočtech jsou vhodné pouze liché násobky základní půlvlnné délky prvku, tzn. že **výhodné směrové a impedanční vlastnosti má LPDV anténa jen na lichých harmonických kmitočtech**, především na kmitočtu trojnásobném, tzn. v  $3/2 \lambda$  módu. Příznivé elektrické vlastnosti si při tom LPDV anténa zachová i na základním kmitočtu, i když s poněkud menším ziskem než s nezalomenými prvky v  $1/2 \lambda$  módu.

Preference (lichého)  $3/2 \lambda$  módu je dána elektrickými vlastnostmi dipólových zářičů této délky.

Obě složky impedance se s délkou dipólových zářičů výrazně mění, což jejich přizpůsobení v širším pásmu komplikuje. Jen v rezonancích, tzn. na kmitočtech, kdy mají zářiče nulovou reaktanci a jeví se jen jako reálný odpor, je jejich impedance příznivá. Platí to na lichých rezonančních kmitočtech, kdy se reálný odpor pohybuje v desítkách ohmů, zatímco na sudých rezonancích (tzv. antirezonancích) činí stovky až tisíce ohmů. **Praktický význam proto mají zejména LPDV antény v módu  $3/2 \lambda$ .**

Pozn.: Příjemný symetrický dvoulaločný („osmičkový“) diagram mají všechny přímé dipólové zářiče jen do délky  $1,25 \lambda$  [5]. Impedance tam už ale není příznivá, protože délka není rezonanční.

**Záření přímých a zalomených dipólových prvků v  $1/2 \lambda$  a  $3/2 \lambda$  módu** ukazuje obr. 2. Diagramy v rovině E (rovina



Obr. 2a. Rozložení vln proudů podél půlvlnného dipólu na základním a trojnásobném kmitočtu

Obr. 2b. Diagramy záření přímých a zalomených dipólů  $1/2 \lambda$  a  $3/2 \lambda$  v rovině prvků (rovina E) ve volném prostoru. Úhel sevření  $\psi = 110^\circ$ . Číselné údaje v -dB na vsvislé stupnici jsou vztaheny k zisku V-dipólu o délce  $2x \cdot 0,75 \lambda$ , tj. k základnímu prvku LPDV antény v  $3/2 \lambda$  módu. Číslo křivek a jejich barva viz tab. 1

Tab. 1.

		G [dB]	ČZZ [dB]	$R_{rez}$ [ $\Omega$ ]	$f_{rez}$ [MHz]
1	$1/2 \lambda$ dipól	2,15/0°	0	70,6	139
2	$3/2 \lambda$ dipól	3,7±45°	0	98	150
3	$1/2 \lambda$ V-dip.	1,6/0°	-0,2	54	142
4	$3/2 \lambda$ V-dip.	6,3/0°	-3,6	98	440

prvků) platí v podmínkách volného prostoru.

Zisk v dBi ( $G_i = 6,3$  dBi!!) je vztažen k max. zisku V-dipólu v  $3/2 \lambda$  módu s rameny svírajícími úhel  $\psi = 110^\circ$ , který není kritický. V rozsahu  $\psi = 100^\circ$  až  $120^\circ$  se směrovost zalomeného dipólu téměř nemění.

Totéž platí o LPDV anténě v  $1/2 \lambda$  módu, sestavené z takto zalomených prvků. U antén s vyššími módy ( $5/2 \lambda$ ,  $7/2 \lambda$  ...) se optimální úhel sevření zmenšuje.

Charakteristické parametry v číselné podobě nabízí tab. 1. Typově jsou sice obecně platné, zde pak platí na kmitočtech  $f_1$  (150 MHz) a  $f_3$  (450 MHz) s průměrem prvků  $d = 0,005 \lambda$  na  $f_1$ , resp.  $0,015 \lambda$  na  $f_3$ , tj.  $d = 10$  mm. Proto jsou v posledním sloupci uvedeny i rezonanční kmitočty, které závisí na štíhlosti prvků ( $2L/d$ ) s uvedeným průměrem.

**Rozdíl mezi ziskem V-dipólu v  $3/2 \lambda$  módu a přímého dipólu v  $1/2 \lambda$  módu činí asi +4 dB. Přibližně o tento rozdíl mohou být zisky LPDV antén větší.**

LPD antény se zalomenými nebo jinak tvarovanými prvky [3, 4] byly původně zamýšleny jen jako LPD antény se zvýšeným ziskem. Jejich vícepásmové použití nebylo původním záměrem [9].

## Využití LPDV antén

- Praktické využití LPDV antén se tedy prvoplánově nabízí na základním ( $f_1$ ) a trojnásobném kmitočtu ( $f_3$ ), kde usnadní příjem nebo jednosměrnou radiokomunikaci se shodnou polarizací a jediným společným anténním napájecím.

LPDV antény se u nás uplatnily na harmonických kanálech VHF a UHF TV pásem [2, 6] při příjmu TV signálů 1. a 2. programu z jednoho vysílače (směru).

Z nich byla také odvozena vertikálně polarizovaná anténa na amatérská pásma 145 a 435 MHz [7], využívaná při radiokomunikaci přes převaděče.

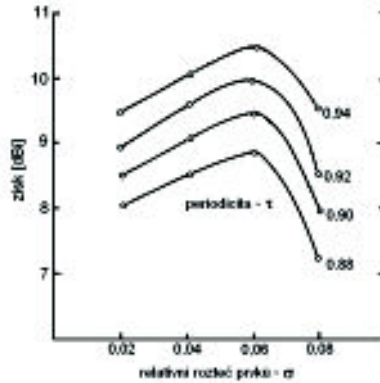
V obou případech šlo o překrytí dvou „kmitočtově vzdálených“, ale relativně úzkých pásem, kdy se žádný z V-prvků nedostal na žádném provozním kmitočtu ani do druhé rezonance (antirezonance).

V současnosti se LPDV antény používají také převážně v oblasti VHF a UHF.

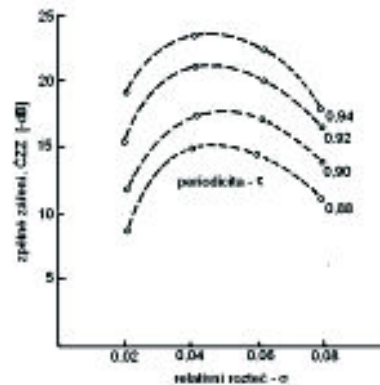
S jednoduchými závěsnými drátovými LPDV anténami nebo prostými V-dipóly lze experimentovat i na některých KV pásmech (např. na pásmech 7 a 21 MHz nebo 10 a 30 MHz).

- LPDV anténa, navržená pro základní pásmo 1:3, by teoreticky měla vykazovat příznivé směrové účinky i v navazujícím pásmu na 3krát až 9krát vyšším kmitočtu, takže by překrývala pásmo 1:9, a to s menším počtem prvků než běžná LPD anténa, navržená pro celé pásmo 1:9 s přímými prvky, tzn. v základním módu.

Jako vertikálně polarizovaná by se mohla uplatnit např. pro příjem v celém TV pásmu UHF od K21 až do K65 (470 – 826 MHz) v základním  $1/2 \lambda$  módu, a pak se zvýšeným ziskem v  $3/2 \lambda$  módu v navazujících pásmech GSM, WIFI apod., resp. v rozsahu asi 1400 – 2500 MHz, pokud by se jednalo o příjem z jednoho směru. Její nejdleší zalomené prvky se ale již budou dostávat do dalších rezonancí, což může diagramy záření nepříznivě ovlivnit.



Obr. 3. Maximální zisk ( $G_i$ ) LPDV antény jako funkce relativních roztečí  $\sigma$  pro periodicitu  $\tau = 0,88, 0,90, 0,92, 0,94$



Obr. 4. Úroveň zpětného záření LPDV antény ČZZ [-dB] jako funkce relativních roztečí  $\sigma$  pro periodicitu  $\tau = 0,88, 0,90, 0,92, 0,94$

Počítačová simulace by přispěla k reálnému posouzení tohoto návrhu výpočtem diagramů záření na požadovaných pásmech.

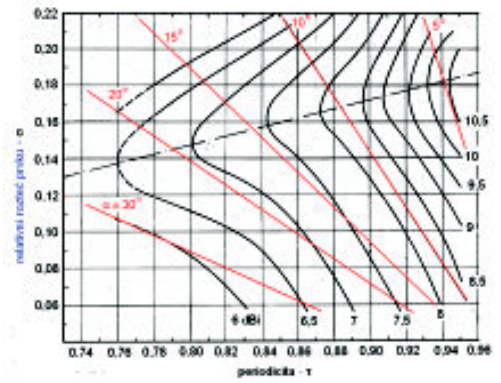
## Návrh LPDV antény

Při návrhu dvoupásmové LPDV antény programem LPCAD [8], který je prvoplánově určen pro návrh „běžných“ LPD antén, se nabízí otázka, zda bude po zalomení vypočtených přímých prvků vykazovat tato anténa vyhovující vlastnosti i na trojnásobném kmitočtu (pásmu)?

Program LPCAD vygeneruje rozměry LPD antény s přímými prvky v  $1/2 \lambda$  módu (v první rezonanci) na dané pásmo podle zadaných rozměrových požadavků (počet prvků  $N$ , délka antény  $L_C$ ), nebo podle zvolených návrhových parametrů, periodicity  $\tau$  a relativní rozteče  $\sigma$ .

Poměr délek sousedních prvků na trojnásobném kmitočtu bude při tomto návrhu odpovídat periodicitě  $\tau$ . Relativní rozteč  $\sigma$ , která je vlastně osovou vzdáleností (roztečí  $s$ ) sousedních prvků vyjádřenou zlomkem vlnové délky ( $\sigma = s_n/2L_{n-1}$ , tzn.  $s_n = \sigma 2L_{n-1}$ ), však bude relativně (vzhledem k trojnásobnému kmitočtu –  $f_3$ ) třikrát větší, nezmění-li se zároveň původní počet prvků a délka LPD antény.

Simulace LPDV antén potvrzené měřením [8, 9] ukazují, že se pro zachování příznivých směrových vlastností, tzn. „bezalokálního“ diagramu záření na trojnásobných kmitočtech musí zvolit menší hodnoty  $\sigma$  (přibližně v rozsahu 0,02 až 0,06) než při návrhu „jednopásmové“ LPD antény v základním módu. I u LPDV antén má na směrovost a zisk rozhodující



Obr. 5. Křivky konstantního zisku LPD antény v dBi jsou funkcí periodicity  $\tau$  a relativních roztečí  $\sigma$

vliv volba  $\tau$  a  $\sigma$ , jak je zřejmé i z křivek na obr. 3 a 4. Jejich porovnání s křivkami na obr. 5, které platí pro vztahy mezi návrhovými parametry a vlastnostmi běžné LPD antény, doplňuje výše zmíněné informace o LPDV anténách.

## Literatura

- [1] Carrel, R., I.; Mayes, P., E.: Logarithmically Periodic Resonant V Arrays. WESCON, 1961 Aug., San Francisco.
  - [2] Finkel, E.: The Log-Periodic „V“ Antenna. Electronic Industries, 1962.
  - [3] Bradáč, J.: Některé směry ve vývoji antén. ST 2/1980, s. 3 – 6.
  - [4] Bradáč, J.: Optimalizace tvaru lineárních antén. ST 5/1982, s. 162 – 164.
  - [5] Macoun, J.: Anténa  $1,25 \lambda$ . PE 12/2008, s. 31 a 32.
  - [6] Macoun, J.: Dvoupásmová TV přijímací anténa. AR-A2/1988, s. 66 – 69.
  - [7] Macoun, J.: Jedna anténa pro dvě amatérská pásma. AR-A6/1991, s. 230 – 232.
  - [8] Cebík, L., B.: The V-Dipole LPDA. (www.cebik.com)
  - [9] Chan, K., K.; Silvester, P.: Analysis of the Log-Periodic V-Dipole Antennas. IEEE Trans. AP – 23, May 1975, s. 397 – 399.
  - [10] Lindemann, G.: Die Wunderantenne. Gibt es sie endlich? Funk 3/2003, s. 58 – 61.
- (Články [6] a [7] jsou naskenované na „DVD Amatérské radio 1952 až 1995“, AMARO 2010.)



## Oprava

V článku „SALA – širokopásmová směrová přijímací anténa“ (PE-AR 06/2013) se stala chyba při kreslení schématu předzesilovače (obr. 10, str. 32), kdy byl u tranzistoru T1 omylem zaměněn kolektor s emitorem.

Za vzniklou chybu se autor článku i redakce omlouvají. Čtenáři, který nás na chybu upozornil, děkujeme.