

Logaritmicko-periodické dipólové antény (4)

Jindra Macoun, OK1VR

Úvod 4. části článku se ještě vrací k napájení LPD antén několika doplňujícími informacemi o symetrickém fázovacím vedení. Přehledně grafické znázornění elektrických vlastností navržené LPD antény dokumentuje její širokopásmové směrové a impedanční vlastnosti. Jsou prakticky shodné s vlastnostmi téže antény, navržené programem LPCAD 3.4, který je stručně popsán v závěrečné části.

Symetrické fázovací vedení

Pro stanovení rozměrů běžného symetrického vedení se obvykle využívá graficky znázorněného vztahu mezi jeho rozměry – průměrem (d) a osovou roztečí (D) kruhových vodičů, a charakteristickou impedancí (Z_0). Je odvozen z jednoduchého vzorce $Z_0 = 276 \log(2D/d)$, platného při $D > 3d$. Pro rozteče vodičů, přibližující se jejich průměru, neudává přesné hodnoty. Ty jsou totiž ovlivněny tzv. „proximity efektem“ („účinkem blízkosti“) [1, 2], tzn. nerovnoměrným rozložením vř proudů (vlivem magnetických polí) na vzájemně přilehlých plochách obou vodičů, které charakteristickou impedanci zvyšuje. Vzorce pro přesný výpočet proximity efektu byly odvozeny jen pro velmi jednoduché případy. Proto také většina publikovaných grafů pro impedanci symetrického vedení z vodičů kruhového profilu „končí“ nad impedancí 100 Ω . S vodiči kruhového profilu je obtížné dosáhnout charakteristické impedance několika desítek ohmů, kterou by mělo mít symetrické a zároveň **nosné** vedení LPD antény na KV pásma (podle varianty B, zmíněné ve 3. části) se vstupní impedancí $Z_{LPD} = 50 \Omega$.

Z těchto elektrických, ale i z konstrukčně mechanických důvodů bývá dvouodičové nosné ráhno zhotoveno z profilů čtvercových, umožňujících snadněji realizovat nižší charakteristickou impedanci, když i zde se nepříznivě uplatňuje tzv. „edge effect“ zhuštěním vř potenciálů na hranách čtvercových profilů.

O charakteristické impedanci symetrického vedení se čtvercovými profily vodičů informují přibližné údaje v tab. 1, odvozené z grafických průběhů [2]. Hodnotám Z_0 odpovídají vzdálenosti (mezery) m mezi vzájemně přilehlými plochami čtvercových profilů, vyjádřené v % strany profilu.

Například pro $Z_0 = 50 \Omega$ bude mezi vodiči z profilů 30 x 30 mm mezera 6 mm (= 30 x 0,2).

Zkrat symetrického vedení

Symetrické vedení je na konci u nejdelšího prvku, popř. v jisté vzdálenosti za ním obvykle zkratováno. **Polohou tohoto zkratu lze ovlivnit jak zpětné záření (ČZZ), tak impedanci antény na nejnižších kmitočtech uvažovaného pásma.** Poloha zkratu ovlivňuje rezonanční délku nejdelšího (posledního) dipólového prvku. Při nulové vzdálenosti je nejdelší prvek zkratován a stává se z něj nenapájený (pasivní) reflektor. Délka zkratovaného vedení za svorkami nejdelšího prvku obvykle nepřekračuje $0,1 \lambda_{max}$.

Polohou zkratu, tzn. změnou případné elektrické **půlvlnné délky zkratovaného symetrického vedení** lze také posunout kmitočtovou oblast degradovaných elektrických vlastností, ke které v tomto případě dochází půlvlnnou transformací

zkratu na vstupní svorky antény, jak bylo zmíněno již v 1. části.

Stejný efekt působí i **nezkratované vedení čtvrtvlnné** (a jeho liché násobky), které se na svém vstupu na svorkách antény jeví rovněž jako zkrat, degradující elektrické vlastnosti antény přibližně na polovičním kmitočtu, i když opět v relativně úzkém pásmu (obr. 1).

Nepříznivé účinky těchto „elektrických“ zkratů lze snížit volbou vyšší hodnoty tau ($\tau > 0,9$), což je ovšem spojeno se zvýšením počtu prvků (ale i zisku) při stejné délce antény.

Pro funkci LPD antény obecně není zkrat na konci symetrického vedení nezbytný. Anténa se zkratovaným, resp. nezkratovaným fázovacím vedením má prakticky stejné vlastnosti.

Neplatí to však u varianty B, kdy je symetrické zkratované vedení zároveň symetrizačním obvodem antény.

U navrhované LPD antény bylo vedení zkratováno ve vzdálenosti **0,5 m**, tedy $0,022 \lambda_{max}$ za nejdelším prvkem, kdy byl průběh ČSV nejpříznivější. Tuto prodlouženou část vedení lze realizovat svislým úsekem ohebné dvoulinky, která neprodlouží fyzickou délku (ráhna) antény varianty A.

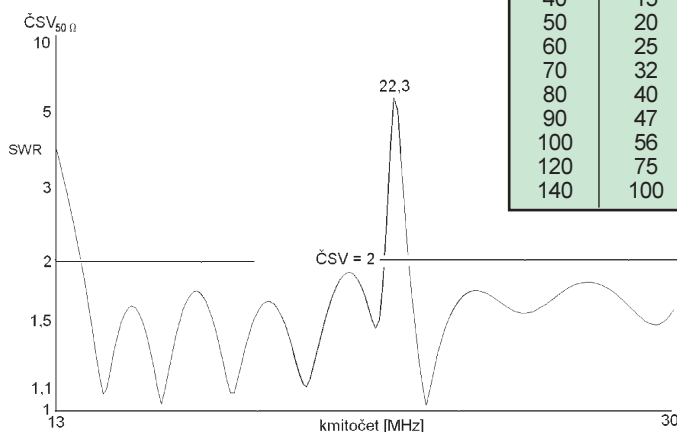
Elektrické vlastnosti antény

Parametry navržené antény měřit nemusíme. Vypočte je některý z dostupných simulačních programů, do kterého vypočtené rozměry vložíme. Na každém kmitočtu zvoleného pásma nám pak znázorní jak diagramy záření v obou polarizačních rovinách, se všemi údaji charakterizujícími směrovost, tak i diagramy impedanční s reálnými a reaktančními složkami impedance. Do výpočtu je možné zahrnout i výšku antény nad zemí definované kvality.

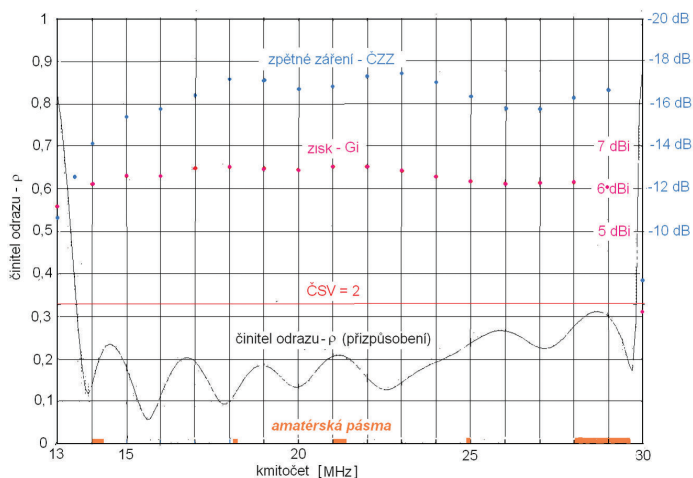
Praxe ukazuje, že při správném postupu se vypočtené parametry velmi dobře shodují s parametry skutečnými, které se přímým měřením reálných antén v reálných podmínkách zjišťují velmi obtížně,

Tab. 1.

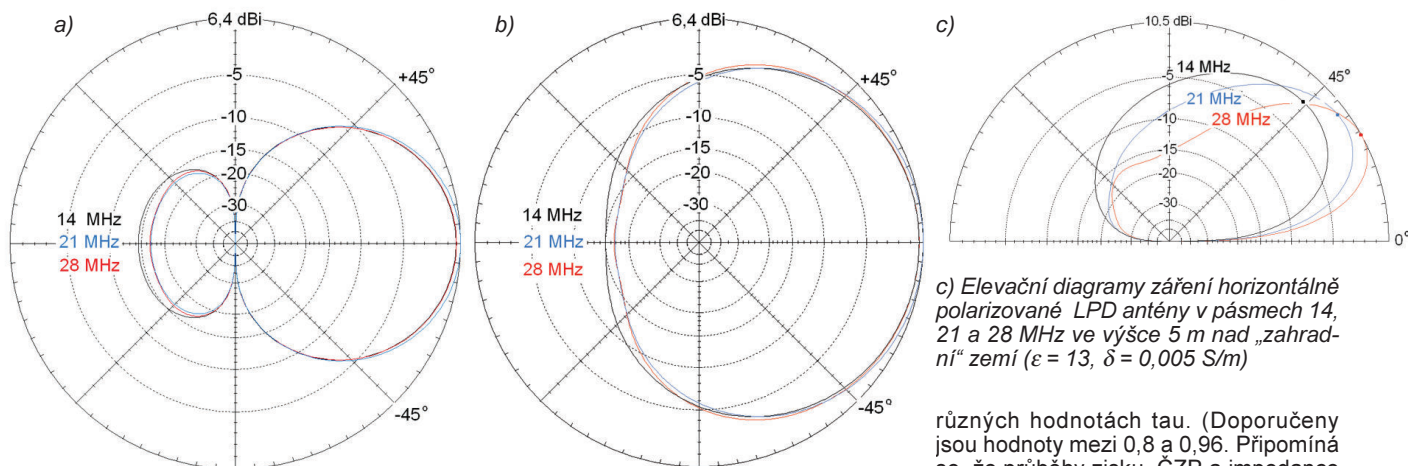
Z_0 [Ω]	m [%]
30	10
40	15
50	20
60	25
70	32
80	40
90	47
100	56
120	75
140	100



Obr. 1. Průběh $\text{ČSV}_{50 \Omega}$ LPD antény v pásmu 13 až 30 MHz je ovlivněn elektrickou čtvrtvlnnou délkou nezkratovaného symetrického vedení, které se na vstupní svorky transformuje jako zkrat, zhoršující ČSV i ostatní elektrické vlastnosti na nižším kmitočtu



Obr. 2. Průběhy zisku – G_i (dBi), zpětného záření/příjmu – $\text{ČZZ}/\text{ČZP}$ (-dB) a přizpůsobení, vyjádřeného činitelem odrazu (ρ) na impedanci 50 Ω , v pásmu 13 až 30 MHz u LPD antény zhotovené podle varianty B s rozměry uvedenými ve 3. části. Lineární stupnice činitele odrazu ($\rho = 0$ až 1,0) místo činitele stojatých vln – ČSV ($\sigma = 1$ až ∞) umožňuje zakreslit do téhož diagramu i ostatní parametry. Pro přepočítání činitele odrazu ρ na běžnější σ (ČSV) platí $\sigma = (1 + \rho)/(1 - \rho)$. Pro $\rho = 0,33$ je σ (ČSV) = 2



Obr. 3.

a) Diagramy záření LPD antény v rovině prvků (rovina E) na 14, 21 a 28 MHz v podmínkách volného prostoru.

b) Diagramy záření LPD antény v rovině kolmé na rovinu prvků (rovina H) na 14, 21 a 28 MHz v podmínkách volného prostoru.

Číselné údaje na svislé stupnici zisku v - dBi jsou vztaženy k max. zisku antény na 21 MHz, od kterého se odečítají.

c) Elevační diagramy záření horizontálně polarizované LPD antény v pásmech 14, 21 a 28 MHz ve výšce 5 m nad „zahradní“ zemí ($\epsilon = 13$, $\delta = 0,005$ S/m)

což platí zejména o anténách na KV pásmech. Trend počítačových návrhů antén se ujal i mezi radioamatéry, i když dříve běžný styl pokus-omyl není zapomenut či zcela odmítán.

Obr. 2 a obr. 3 a, b, c ukazují, že se vypočtené parametry ve zvoleném pásmu prakticky nemění a odpovídají širokopásmovým vlastnostem LPD antén.

Zisk do 6,5 dBi, tedy mírně nad 4 dBi se může jevit jako neodpovídající počtu 10 prvků i celkovému rozměru antény. Prakticky stejné směrové vlastnosti mají i populární dvoupřvkové, ale jednopásmové antény – ZL, W8JK, Moxon apod. s délkou ráhna cca do $0,15 \lambda$.

Směrovost (a zisk) širokopásmové LPD antény ovlivňuje již zmíněná kmitočtová šířka aktivní zóny B_{ar} , která je dána počtem „aktivních“ prvků. Jejich počet se zvyšuje, mění-li se jejich délky „pomaleji“, tedy opět při vyšším tau. U navrhované „pětípásmové“ LPD antény zahrnuje aktivní zóna také přibližně 2 prvky, proto nemůže mít větší zisk než uvedených 6,5 dBi. S 10 prvky na jediném ráhnu pře-

krývá LPD anténa stejný počet pásem jako zmíněné samostatné antény dvoupřvkové. V tom je její nesporná výhoda. Její rozměry také nejsou kritické, takže nemůže nikam „ujet“, zatímco rozměry zmíněných antén jednopásmových jsou velmi kritické.

Vliv země se zřetelně projeví především na tvaru elevačního diagramu antény nad zemí. Na kmitočtech 14, 21 a 28 MHz s anténou ve výšce pouhých 5 m nad relativně dobrou zahradní zemí lze z obr. 3 c odečíst zisky antény v optimálních elevačních úhlech pro tuto výšku. Směrové parametry v dalších výškách nabízejí elevační diagramy a přehled číselných parametrů dvoupřvkové antény Moxon publikované v PE-AR 11/2011 [3], která má ve volném prostoru prakticky stejný elevační diagram jako naše LPD anténa. Proto se chová stejně i v různých výškách nad zemí.

Impedanční vlastnosti (přizpůsobení) antény zůstanou ve výšce 5 m nad zemí prakticky nedotčeny, a to i na nejnižším kmitočtu.

Program LPCAD

Autorem softwaru pro navrhování LPD antén je Roger Cox, WB0DGF. První verze byla publikována v roce 1997. Jako LPCAD 2.7 je stále dostupná i na stránkách Ing. Miroslava Procházky: www.anteny-info.cz/downloads [4]. Od té doby byl program několikrát doplněn, ale stále běží v MS DOSu. V současné době je na webových stránkách autora [5] ke stažení verze 3.40 použitelná i v posledních operačních systémech Windows. K dispozici je tam i beta verze LPCAD 3.50, na které autor v současné době pracuje. Pro návrh antén na amatérská pásma však stále vyhovují i ta nejstarší vydání programu.

Ovládání programu LPCAD je natolik snadné, že nepotřebuje nápovědu, i když ji lze hned na první stránce (obr. 4) vyvolat. Vzhledem k omezené tiskové ploše zobrazujeme jen dvě významnější stránky.

Uživatelé jsou tam zároveň nabízeny podstatné informace o parametrech LPD antén. Např. o zisku a zpětném záření při

různých hodnotách tau. (Doporučeny jsou hodnoty mezi 0,8 a 0,96. Připomíná se, že průběhy zisku, ČZP a impedance jsou více či méně zvlněné podle velikosti tau. Čím je vyšší, tím jsou křivky plošší.)

S programem se snadno seznámíme, projdeme-li postupně zobrazované stránky (program screens), do kterých zároveň zadáváme návrhové parametry LPD antény.

Obr. 5 ukazuje hlavní menu, do kterého se budeme postupně vracet a volit další možnosti. Vychází se z volby D – návrhové parametry, na další stránce pak volba rozměrů (metric/feet).

Na další stránce jsou 2 možnosti dalšího postupu. Buď se vychází ze zvolených hodnot tau a sigma, nebo z požadavků na design (obrysový rozměr) antény, tzn. z délky ráhna a počtu prvků.

V obou případech je společným požadavkem zadání nejnižšího a nejvyššího kmitočtu provozního pásma. Společně se také zadává průměr zadního (nejdelšího) prvku. Program dopočítá průměr ostatních prvků. U starších verzí se ještě zadávaly průměry nejkratších prvků nebo průměr střední.

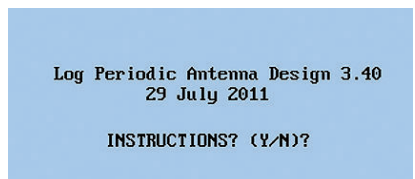
Na dalších stránkách se postupně objevuje souhrn zadaných i vypočtených parametrů. A pak již všechny vypočtené rozměrové údaje. Nakonec i rozměry symetrického fázovacího vedení pro požadovanou vstupní impedanci antény.

To jsou ve stručnosti hlavní zobrazované stránky na DOSovské obrazovce. Kromě požadavku na zápis konkrétních číselných údajů se na mezistránkách často požaduje jen souhlas či nesouhlas (y/n), ano/ne s nabízenou možností.

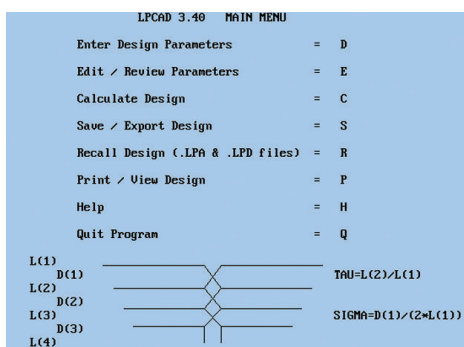
Výsledný rozměrový design pak můžeme transportovat do některého ze simulačních programů, který vypočte a zobrazí všechny elektrické parametry antény.

Literatura

- [1] Terman, F., E.: Radio Engineers Handbook. Mc Graw-Hill Book Comp., N. Y. 1943 nebo ruský překlad: Smirenin, B., A.: Radiotechnická příručka. SNTL 1955 (do češtiny přeložil Ing. J. Vlach).
- [2] Meinke, H.; Grundlach, F., W.: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Springer-Verlag 1956.
- [3] Macoun, J.: Anténa Moxon nad zemí (2). PE-AR 11/2011, s. 31, 32.
- [4] LPCAD v. 2.7 (vydáno 9. 3. 1998): www.anteny-info.cz/downloads
- [5] LPCAD v. 3.40 (vydáno 29. 7. 2011): www.wb0dgm.com/LPCAD



Obr. 4. Titulní stránka programu LPCAD 3.40



Obr. 5. Hlavní (výchozí) menu programu LPCAD 3.40

