

Anténa $1,25 \lambda$ (2)

Jindra Macoun, OK1VR

Článek navazuje na 1. část, uveřejněnou v minulém čísle PE. Po krátké rekapitulaci charakteristických zářivých (směrových) vlastností dipólových antén $0,5 \lambda$, 1λ , $1,25 \lambda$ a $1,5 \lambda$ se popisuje přizpůsobení antény – dipólu o délce $1,25 \lambda$ pomocí demoverze programu SMITH V 2.03.

Rekapitulace

Dipólovou anténu s délkou $1,25 \lambda$ můžeme považovat za dvoučlennou kolineární soustavu soufázově napájených půlvlnných zářičů, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny $0,75 \lambda$, což je optimální vzdálenost pro maximální přírůstek zisku až + 3 dB vůči půlvlnnému dipólu. Ve volném prostoru tak může zisk antény činit až 5 dBi, ve výšce $\geq 0,5 \lambda$ nad zemí až 10,5 dBi v elevaci $\leq 25^\circ$.

Prakticky stejný zisk bude mít i dvojice samostatných, soufázově napájených půlvlnných dipólů se shodnou roztečí středů.

Anténní proud ve střední, $0,25 \lambda$ nebo $2 \times 0,125 \lambda$ dlouhé (napájené) části této antény je proti anténním proudům v obou půlvlnných zářičích v protifázi a diagram záření, tzn. směrovost ani zisk antény téměř neovlivňuje. Tato část antény je spíše transformačním úsekem, který snižuje vysokou impedanci půlvlnných zářičů na příznivější hodnotu $Z_a = 147 - j 847 \Omega$ u antény, umístěné $0,55 \lambda$ nad zemí [1], nebo na mírně odlišnou impedanci $Z_a = 164 - j 839 \Omega$ u antény ve volném prostoru. Ve výškách, překračujících $0,4$ až $0,5 \lambda$ je totiž vliv země na impedanci horizontální antény již relativně malý.

Zkrácením antény $1,25 \lambda$ dlouhé o $0,25 \lambda$ vzniká (celovlnný) dipól 1λ (tj. $2 \times 0,5 \lambda$) s poněkud menším ziskem 3,86 dBi. Jeho impedance bude činit řádově $k\Omega$. Stejný zisk pak má i dvojice samostatných, soufázově napájených půlvlnných dipólů se stejnou (minimální) roztečí vnitřních konců.

Podobně se chovají i vícečlenné kolineární soustavy. Jejich směrové vlastnosti závisí na počtu půlvlnných úseků, na jejich vzájemné vzdálenosti a fázi anténních proudů.

Dipólovou anténu G5RV o délce $1,5 \lambda$ se ziskem 3,07 dBi můžeme považovat rovněž za dvojici soufázově napájených půlvlnných zářičů, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny 1λ , kdy se zisk

soustavy již zmenšuje. Proud ve střední, $0,5 \lambda$ (čili $2 \times 0,25 \lambda$) dlouhé části antény, je proti proudům ve vnějších půlvlnných zářičích rovněž v protifázi, ale svojí vyšší amplitudou spoluvytváří 3laločný diagram záření, jehož maxima „září“ se ziskem cca 3 dBi. Svorková impedance této rezonanční antény činí přibližně 90Ω .

Dipólovou anténu W5GI s délkou $1,5 \lambda$ můžeme v ideálním uspořádání považovat za trojici soufázově napájených půlvlnných zářičů se ziskem 5,2 dBi. Jejich středy jsou od sebe vzdáleny $0,5 \lambda$, tzn. jsou v minimální možné vzdálenosti, nezaručující optimální přírůstek zisku. Soufázové napájení zabezpečují dva čtvrtvlnné nevyzařující fázovací úseky mezi půlvlnnými zářiči. Svorková impedance antény by měla být 150Ω .

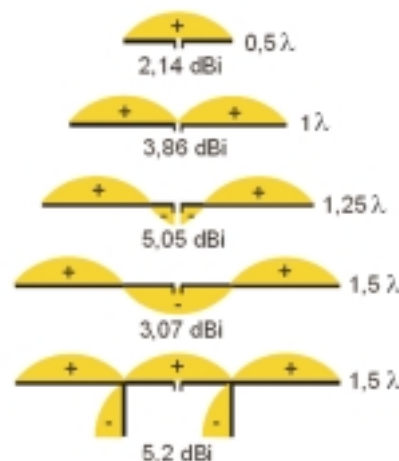
Názornější představu o vlivu počtu zářičů, jejich vzdálenosti i napájení na směrové vlastnosti výše zmíněných jednoduchých kolineárních soustav nabízí obr. 1.

Výhody antény - dipólu $1,25 \lambda$ s optimálním ziskem 5,05 dBi, resp. 10,8 dBi jsou zřejmé. Zdánlivě složitější se zdá jen přizpůsobení této nerezonanční antény.

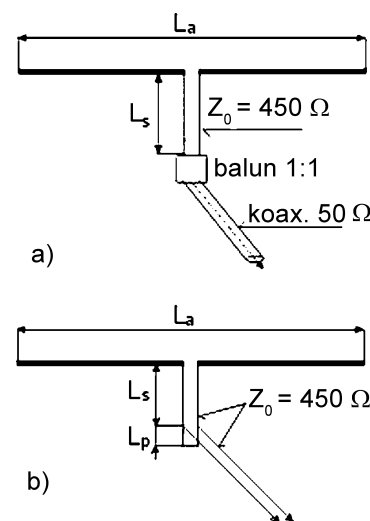
Přizpůsobení antény $1,25 \lambda$

Postupně prodlužování dipólů je obecně prováděno výraznými změnami impedance. Zatímco reálná složka se zvyšuje, mění se reaktanční složka periodicky. Každým prodloužením antény o další půlvlnu se změní charakter reaktance z kladných hodnot do záporných a opačně. Prakticky to znamená, že anténa se mimo rezonance chová buď jako kapacita, nebo jako indukčnost. Do rezonance ji pak můžeme „dotáhnout“ různými způsoby. V našem případě, kdy má impedance antény kapacitní charakter ($-j 847 \Omega$), se z několika možností jeví jako nejsnadnější „prodloužit“ anténu do jedenapůlvlnné (tzn. sériové) rezonance symetrickým vedením s vyšší vlnovou impedancí Z_0 .

Podle požadavku na typ anténního napáječe můžeme volit ze 2 variant (obr. 2):



Obr. 1. Dipólové antény a jejich proudové „obložení“. Amplituda a fáze anténních proudů ovlivňuje zářivé vlastnosti. Údaje o zisku platí v podmínkách volného prostoru



Obr. 2. Schéma antény $1,25 \lambda$ s přizpůsobením na koaxiální kabel 50Ω (a) a na symetrické vedení 450Ω (b)

a) Napáječ koaxiální

Protože se výsledná délka tohoto „prodlužovacího“ vedení spolu s polovinou ($0,125 \lambda$) střední části dipólu $1,25 \lambda$ přibližuje čtvrtvlně, takže se chová jako typický transformátor $\lambda/4$, dostáváme na výstupu vedení impedanci, závislou na jeho vlnové impedanci Z_0 . Zvolíme-li $Z_0 = 450 \Omega$, bude se výstupní impedance tohoto „transformátoru“ blížit vlnové impedanci běžného koaxiálního kabelu, kterým lze anténu napájet.

b) Napáječ symetrický

Vlastní napáječ, nejlépe stejného typu jako symetrické prodlužovací vedení, se ke zkratovanému vedení připojí v místě shodné vlnové impedance. Prodlužovací vedení se v tomto případě uvažuje jako složené ze dvou částí: z otevřeného vedení sériového L_s a zkratovaného vedení paralelního L_p (obr. 2). Vlastním napáječem antény je v tomto případě symetrické vedení stejného typu.

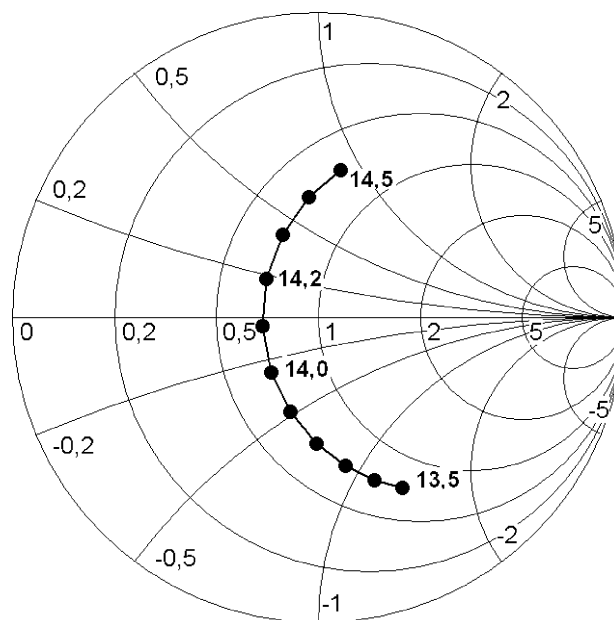
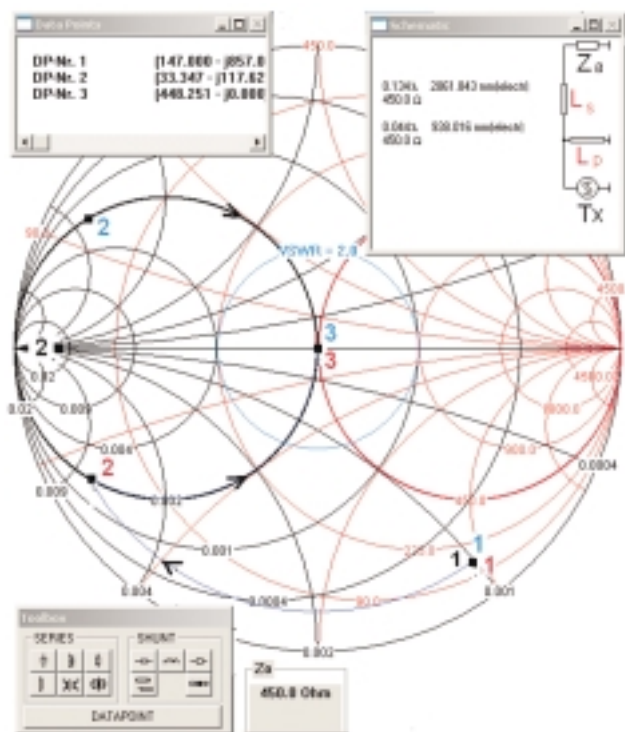
Obě možnosti lze realizovat experimentálně. Je to sice postup zdoluhavý, i když při jistých zkušenostech nakonec vede k cíli. Ke stanovení rezonance postačí GDO, volně navázaný ke zkratu prodlužovacího vedení.

Při variantě b) je pak přizpůsobení celé antény (ČSV) na symetrickém an-

Tab. 1. Rozměry přizpůsobení dle obr. 2 a, 2 b [Varianta c) není znázorněna na obr. 2] L_a - elektrická a skutečná délka antény; Z_0 - vlnová impedance přizpůsobovacích úseků; K - činitel zkrácení ($K = 1$ - vzduch, $K = 0,91$ - „dvoulinka“ 450Ω); L_s a L_p - elektrická a skutečná délka úseků

Varianta a)		Varianta b)		Varianta c)	
L_a	$1,25 \lambda$ 25,7 m	$1,25 \lambda$ 25,7 m	$1,25 \lambda$ 25,7 m	$1,25 \lambda$ 25,7 m	$1,25 \lambda$ 25,7 m
Z_0	450Ω	450Ω	450Ω	450Ω	450Ω
K	1 0,91	1 0,91	1 0,91	1 0,91	1 0,91
L_s	$0,174 \lambda$ 3,73 m	$3,39 \text{ m}$	$0,133 \lambda$ 2,85 m	$2,59 \text{ m}$	$0,215 \lambda$ 4,69 m
L_p	-	-	$0,044 \lambda$ 0,94 m	$0,85 \text{ m}$	$0,206 \lambda$ 4,40 m
Místo L_p ve variantě c) lze použít kondenzátoru 88 pF					

Rozměry platí v pásmu 14 MHz pro anténu o délce 25,7 m z Cu vodiče $\varnothing 2 \text{ mm}$, upevněnou 12,5 m nad relativně dobrou zemí ($\sigma = 0,005 \epsilon = 13$). Skutečné délky respektují činitel zkrácení K



Obr. 4. Impedance na výstupu přizpůsobovacího obvodu dle obr. 2, připojeného k dipólu $1,25 \lambda$, je normována na 50Ω

Obr. 3. Na ploše Smithova diagramu programu SMITH V 2.03 je na kmitočtu 14 MHz znázorněn postup přizpůsobení impedance $Z_a = 147 - j 847 \Omega$:

a) k impedanci koaxiálního napáječe 50Ω pomocí čtvrtvlnného vedení (L_s) s vlnovou impedancí 450Ω ;

b) k impedanci symetrického napáječe 450Ω pomocí sériového (L_s) a paralelního (L_p) zkratovaného symetrického vedení se stejnou vlnovou impedancí;

c) k impedanci symetrického napáječe 450Ω pomocí symetrického vedení (L_s) a paralelního kondenzátoru nebo paralelního otevřeného vedení L_p

ténním napáječi dáno místem jeho připojení ke zkratovanému prodlužovacímu vedení L_p . ČSV se pak indikuje na anténním napáječi, popř. až za vhodným symetrickým a transformačním členem na výstupu vysílače.

Daleko jednodušší a rychlejší je využít k návrhu přizpůsobení dostupné demoverze programu SMITH V 2.03, zmíněné v minulém čísle PE, spolu s odkazem na poučné články v Radioamatéru [1]. Tam se na několika příkladech podrobněji popisuje využití programu SMITH s několika typy přizpůsobovacích obvodů, zpravidla LC článků v různém zapojení.

Volbu vhodného způsobu přizpůsobení ovlivňuje „poloha“ impedance antény na ploše Smithova diagramu. Výchozí informace je proto změřená nebo vypočtená impedance antény Z_a .

Praxe ukazuje, že výpočet impedance pomocí některého ze známých simulačních programů (EZNEC, 4NEC2 apod.) je u těchto jednoduchých antén poměrně přesný a vypočtená impedance odpovídá skutečnosti.

Kontrolou správného výpočtu je impedance následně simulovaná (namodelovaná) antény, opatřené vypočteným přizpůsobovacím obvodem. Simulaci usnadňují geometrické rozměry otevřených nebo zkratovaných vedení. Jejich praktickou výhodou je i snadnější a přesnější „naladění“ vypočtených délek v amatérských podmínkách – jen pomocí metru. Použijeme jich i pro přizpůsobení antény $1,25 \lambda$.

Vypočtenou impedanci antény $Z_a = 147 - j 847 \Omega$ spolu s vlnovou impedancí prodlužovacího vedení 450Ω zadáme klávesnicí do Smithova diagramu, který

se objeví na monitoru PC po spuštění programu SMITH V 2.03.

Impedance antény, normovaná (vztahovaná) na 450Ω , se objeví jednak v okénku DATA POINTS, a dále jako bod 1 v dolní („kapacitní“) polovině Smithova diagramu (obr. 3).

Po zadání způsobu kompenzace sériovým vedením v okénku TOOLBOX postupujeme kurzorem směrem ke generátoru (k vysílači), tj. ve směru hodinových ručiček na poloměru kružnice procházející bodem 1. Číselné údaje o normované impedanci, odpovídající poloze kurzoru, se současně objevují v datovém okénku SCHEMATIC spolu s odpovídající délkou vedení.

Řešíme-li variantu a), zajedeme kurzorem až na vodorovnou osu reálných impedancí Smithova diagramu do bodu 2, kde spolu s délkou vedení zároveň odečteme transformovanou impedanci na svorkách prodlužovacího vedení L_s , které zároveň „naladilo“ připojenou anténu do rezonance. S délkou $L_s = 0,176 \lambda$ bude impedance činit $33,3 \Omega \pm j 0 \Omega$. ČSV na vlnové impedanci koaxiálního napáječe 50Ω bude činit přijatelných $50/33 = 1,5$.

Impedance antény v místě připojení koaxiálního napáječe je znázorněna na obr. 4 v pásmu 13,5 až 14,5 MHz. Anténa sice není přizpůsobena optimálně, nicméně ČSV = 1,5 na koaxiálním napáječi 50Ω lze považovat za příznivé. Mezi symetrické vedení a koaxiální napáječ je účelné zařadit symetrikační obvod - balun 1:1.

Řešíme-li variantu b), neprodlužujeme sériové vedení až do rezonance, ale „zastavíme“ jeho délku $L_s = 0,133 \lambda$ v místě, kde protíná (jednotkovou) kružnici procházející středem Smithova diagramu (bod 2). Jako další kompenzační prvek v TOOLBOXu pak zvolíme paralelní zkratované vedení (indukčnost) L_p rovněž s vlnovou impedancí 450Ω , které pohybem kurzoru po této kružnici zakončíme ve středu diagramu na impedanci $450 \Omega \pm j 0$ (bod 3), která se pak objeví na vstupu tohoto zkratovaného úseku. Toto paralelní zkratované vedení s elektrickou délkou $0,044 \lambda$ vykompenzuje reaktanční složku impedance v bodě 2. Paralelní kapacitou může být otevřené vedení o délce $L_p = 0,206 \lambda$ (asi 4,4 m na 14 MHz) nebo pevný kondenzátor s kapacitou 88 pF, který opět posune impedanci do středu Smithova diagramu (bod 3). Nevýhodou této varianty jsou poměrně dlouhé kompenzační kabely. Výhodou je možnost kompenzace (proměnným) kondenzátorem.

Popis přizpůsobení programem SMITH je vzhledem k omezené tiskové ploše poměrně stručný. Další informace ke každému kroku poskytuje podrobná nápověda – HELP programu SMITH.

Literatura

[1] Macoun, J., OK1VR: Anténa $1,25 \lambda$ (1). PE 12/2008, s. 31 a 32.
 [2] Šperlín, M., OK2BUH: Impedance a antény - 3. Radioamatér 5/2006, s. 24 až 26.

Oprava

V článku Anténa $1,25 \lambda$ (1) v PE 12/2008, s. 32, 1. sloupec, 4. odst., má správně být: ... o délce $1,25 \lambda$ a ve výšce 12 m ...

